

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



### **“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUERISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO, (KM 8+900 – 25+900) PARURO-CUSCO”**

**Tesis presentada por los Bachilleres:**

Arias Villacorta, Santos Edwin

Chacon Ttito, Richard Mijael

**Para optar al título profesional de:**

Ingeniero Geólogo

**Asesor:**

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

**CUSCO, PERU**

**2020**







## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios por darme la paciencia y la fuerza  
necesaria para culminar este trabajo con éxito*

*A mis padres Sr. Richard Chacon Gonzales y Sra. Ruth  
Matilde Tito Llamocca, por ser ese soporte que me  
ayudó a ser la persona que soy ahora, enseñándome  
con sus consejos y sus buenos hábitos a ser una  
persona perseverante y responsable. Por su  
incondicional apoyo durante todo este proceso de  
formación profesional. Todo este trabajo se lo  
agradezco a ellos.*

**Richard Mijael Chacón Tito**

*Agradezco a Dios... ¿Cómo no empezar estás líneas  
sin darte las debidas gracias a ti que todo lo ves?  
Gracias Padre Dios, gracias por la familia y amigos  
que me has dado, sin ellos nada hubiera logrado.*

*A mis familiares y amigos. Gracias, querida Mamá,  
Constantina Villacorta Bañón, por tu apoyo  
incondicional. Gracias Papá, Alipio Arias Secca,  
William, haya en lo alto del cielo, y María, mis  
hermanos, quienes me apoyaron de una manera u otra  
y confiaron en mí. Gracias a todos mis familiares y  
amigos (as).*

*A la empresa UNITEST SAC. Gracias Sra. Gladis  
Quintana Hilaes, gerente de la empresa UNITEST  
SAC. y a todos los que forman parte de esta empresa,  
que me abrió las puertas para ejercer la pasión por  
la “Ingeniería Geotécnica”. Gracias a todos.*

**Santos Edwin Arias Villacorta**

*A nuestro asesor de tesis Mgt. José Carlos Ramírez  
Prada por su paciencia, y apoyo constante en el  
desarrollo de este trabajo.*

*A nuestros dictaminantes Ing. Edison Santiago Mattos  
Ojeda, Ing. Enrique Blas Abreu y el Mgt. Eddie Edgard  
Mercado Tejada por sus consideraciones y sugerencias  
para llevar a buen término este trabajo de tesis.*



*Al Ing. Tedy Marocho Oré por darnos las  
sugerencias y apoyo constante en este trabajo de  
tesis.*

*A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del  
Cusco, a la escuela profesional de Ingeniería  
Geológica, por brindarnos la oportunidad de concluir  
una carrera universitaria y prepararnos para los retos  
que el futuro nos depara, a nuestros docentes y amigos  
de esta escuela profesional.*

*Richard Mijael Chacón Ttito y Santos Edwin Arias Villacorta*



## **DEDICATORIA**

*A las personas que más quiero y siempre me han*

*apoyado: mi padre Richard Chacon Gonzales y mi madre Ruth Matilde Tito Llamocca.*

*A mi hermana Ruth Carolina Chacon Tito por los recorridos en esta etapa de mi vida e inicio. gracias por ser mi hermana amada, querida, por tu apoyo y la motivación que me diste a pesar de tu corta edad, con mucha emoción en estos versos te dedico a ti mi tesis.*

*A la familia Chacon Gonzales y la familia Tito*

*Llamocca por todo el apoyo incondicional.*

*También dedico este trabajo a la familia Arias Gonzales en especial a mi tía Rosana Arias Gonzales por todos los consejos que me ayudaron a tener los valores que ahora practico en mi vida profesional.*

*A mis amigos con quienes compartí años de amistad sincera, confianza, días de alegría, trabajo, dedicación y momentos que nunca se olvidarán, aunque pase el tiempo*

*A todos los docentes de la escuela profesional de*

*Ingeniera Geológica por haber contribuido con mi formación académica, apoyo y motivación en nuestra formación profesional durante toda nuestra etapa universitaria.*

***Richard Mijael Chacón Tito***

*Dedico este trabajo a Dios, a su Santa Madre Santa*

*María, de quién estoy seguro no deja de interceder por mí y por todos los míos.*

*A mi familia... A mi mamá Constantina Villacorta Bañón, a mi papá Alipio Arias Secca, mis hermanos, Willian y María, a mi sobrina Pilar Alexandra, a todos mis familiares y amigos.*

***Santos Edwin Arias Villacorta***



## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRAC .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>

### CAPÍTULO I

<b>ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>2</b>
1.1. UBICACIÓN .....	3
1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA .....	3
1.1.2. UBICACIÓN UTM .....	3
1.1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.....	3
1.2. ACCESIBILIDAD .....	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	5
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.6. HIPÓTESIS .....	6
1.7. LIMITACIONES .....	6
1.8. MARCO REFERENCIAL .....	6
1.8.1. MARCO TEÓRICO (ANTECEDENTES) .....	6
1.8.2. MARCO CONCEPTUAL.....	7
1.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
1.9.1. MÉTODOS QUE SE EMPLEARON EN LA INVESTIGACIÓN: .....	23
1.9.2. PROCEDIMIENTO.....	23
1.10. CLIMA.....	24
1.11. FLORA Y FAUNA .....	24

### CAPÍTULO II

<b>GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
2.1. GENERALIDADES .....	28
2.2. MARCO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL .....	28
2.2.1. CORDILLERA ORIENTAL .....	29
2.2.2. ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL.....	29
2.2.3. ALTIPLANO.....	29
2.2.4. BORDE NE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL.....	30
2.3. MARCO GEOMORFOLÓGICO LOCAL.....	30
2.3.1. ALTIPLANICIES .....	30
2.3.2. RELIEVE COLINOSO .....	30
2.3.3. RELIEVE MONTAÑOSO.....	32
2.3.4. VALLES .....	33

### CAPÍTULO III

<b>GEOLOGÍA .....</b>	<b>35</b>
-----------------------	-----------



3.1.	GENERALIDADES .....	36
3.2.	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	37
3.2.1.	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DEL DOMINIO PALEOGEOGRÁFICO DEL ALTIPLANO.....	37
3.2.1.1.	MESOZOICO-CRETÁCICO.....	37
3.2.1.2.	CENOZOICO-PALEÓGENO-PALEOCENO .....	38
3.2.1.3.	CENOZOICO-PALEÓGENO-EOCENO .....	39
3.2.1.4.	CENOZOICO-NEÓGENO-MIOCENO.....	40
3.2.2.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS A NIVEL REGIONAL.....	41
3.3.	MARCO GEOLÓGICO LOCAL .....	41
3.3.1.	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS: .....	45
3.3.2.	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE MUESTRAS DE MANO.....	64

#### CAPÍTULO IV

<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>71</b>
4.1. GENERALIDADES .....	72
4.2. MARCO TECTÓNICO REGIONAL .....	72
4.2.1. DOMINIOS ESTRUCTURALES .....	73
4.2.2. ESTRUCTURAS REGIONALES .....	74
4.3. MARCO TECTÓNICO LOCAL .....	76

#### CAPITULO V

<b>HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA .....</b>		<b>83</b>
5.1.	GENERALIDADES .....	84
5.2.	HIDROLOGÍA.....	84
5.2.1.	GENERALIDADES DE LA CUENCA PARURO.....	84
5.2.2.	CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	86
5.3.	HIDROGEOLOGÍA .....	107
5.3.1.	CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	107

#### CAPITULO VI

<b>GEOTÉCNIA .....</b>	<b>110</b>
6.1. GENERALIDADES .....	111
6.1.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS .....	111
6.1.2. VENTANAS ESTRUCTURALES .....	111

#### CAPITULO VII

<b>GEODINÁMICA .....</b>		<b>121</b>
7.1.	GENERALIDADES .....	122
7.2.	GEODINÁMICA INTERNA (SISMICIDAD) .....	122
7.2.1.	CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DEL PERÚ .....	122
7.2.2.	FUENTES SISMOGÉNICAS .....	122
7.2.3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA SISMICIDAD .....	123
7.2.4.	ANTECEDENTES SÍSMICOS EN LA REGIÓN DEL CUSCO.....	124
7.2.5.	SISMO DEL 27 DE SETIEMBRE DE 2014 – PARURO, CUSCO.....	125
7.2.6.	RIESGO SÍSMICO .....	126
7.3.	GEODINÁMICA EXTERNA .....	129
7.3.1.	INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA .....	129

#### CAPITULO VIII

<b>PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>149</b>
8.1. GENERALIDADES .....	150
8.2. NOCIONES BÁSICAS .....	150
8.3. COBERTURA VEGETAL.....	151



8.4.	ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD .....	152
8.4.1.	SUSCEPTIBILIDAD A DESPRENDIMIENTOS .....	152
8.4.2.	SUSCEPTIBILIDAD A FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW).....	154
8.4.3.	SUSCEPTIBILIDAD A FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW).....	156
8.4.4.	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES .....	158
8.4.5.	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES .....	159
8.4.6.	SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS COMPLEJOS .....	161
8.5.	ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD .....	161
8.5.1.	FACTORES DESENCADENANTES .....	161
8.5.2.	PONDERACIÓN DE LOS FACTORES DESENCADENANTES .....	163
<b>CAPITULO IX</b>		
<b>ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD .....</b>	<b>168</b>	
9.1.	GENERALIDADES .....	169
9.2.	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	169
9.2.1.	CARACTERÍSTICAS SOCIALES .....	169
9.2.2.	CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS.....	173
9.3.	METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD. ....	179
9.3.1.	PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD.....	181
9.4.	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD.....	192
9.4.1.	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE FRAGILIDAD .....	192
9.4.2.	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RESILIENCIA.....	193
9.4.3.	ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	194
<b>CAPITULO X</b>		
<b>ESTIMACIÓN O CÁLCULO DEL RIESGO.....</b>	<b>196</b>	
10.1.	GENERALIDADES .....	197
10.2.	ANÁLISIS DEL RIESGO.....	197
10.2.1.	RIESGO SOCIAL O HUMANO.....	197
10.2.2.	RIESGO ECONÓMICO.....	197
10.2.3.	RIESGO AMBIENTAL .....	197
10.3.	MATRIZ DE RIESGO .....	197
10.4.	MAPA DE NIVELES DE RIESGO .....	198
10.5.	CONTROL DE RIESGO .....	200
10.5.1.	ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA DEL RIESGO .....	200
10.6.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN .....	202
10.6.1.	MEDIDAS ESTRUCTURALES .....	202
10.6.2.	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES .....	204
10.7.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES .....	205
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>224</b>	
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>227</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>228</b>	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>230</b>	



## ÍNDICE DE FOTOS

### CAPITULO I

FOTO 1. 1 LOCALIDAD DE PARURO, CAPITAL DE LA PROVINCIA DE PARURO. FUENTE PROPIA.....	24
FOTO 1. 2 DIENTE DE LEÓN (TARAXACUM), PROGRESIVA 11+580. FUENTE PROPIA. ....	25
FOTO 1. 3 PIRCA (BIDENS), PROGRESIVA 15+320. FUENTE PROPIA.....	25
FOTO 1. 4 TARWI (LUPINO ANDINO), PROGRESIVA 16+850. FUENTE PROPIA. ....	25
FOTO 1. 5 ASTRÁGALUS GARBANCILLO CAV., PROGRESIVA 17+750. FUENTE PROPIA.....	26
FOTO 1. 6 SETAS (AGARICUS BISPORUS), PROGRESIVA 18+150. FUENTE PROPIA. ....	26

### CAPITULO II

FOTO 2. 1 FONDOS DE VALLE FLUVIAL Y TERRAZAS, PROGRESIVA 25+920. FUENTE PROPIA .....	32
FOTO 2. 2 COLINAS, MONTAÑAS Y TERRAZAS, PROGRESIVA 20+490. FUENTE PROPIA.....	33
FOTO 2. 3 COLINAS Y VALLES, PROGRESIVA 9+960. FUENTE PROPIA.....	34
FOTO 2. 4 COLINAS, MONTAÑAS Y TERRAZAS, PROGRESIVA 22+290. FUENTE PROPIA.....	34

### CAPITULO III

FOTO 3. 1 INTERCALACIONES DE ARENISCAS CON CLASTOS BLANDOS Y LUTITAS - FORMACIÓN SONCCO II. FUENTE: PROPIA.....	39
FOTO 3. 2 ARENISCAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN PARURO MIEMBRO I. FUENTE: PROPIA. ....	41
FOTO 3. 3 ANÁLISIS PETROGRÁFICO, USO DE LA LUPA (A) Y DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO HCL (B). FUENTE PROPIA. ....	43
FOTO 3. 4 AFLORAMIENTO DE TOBA VOLCÁNICAS. FUENTE PROPIA. ....	44

### CAPITULO IV

FOTO 4. 1 FLANCO NORESTE DEL SINCLINAL PARURO. FUENTE PROPIA.....	75
FOTO 4. 2 FALLA NORMAL EN LOS AFLORAMIENTOS DE LA FORMACIÓN SONCO II, PROGRESIVA 11+440. FUENTE PROPIA. ....	76
FOTO 4. 3 MEDICIÓN DEL AZ Y BZ DE LA ESTRATIFICACIÓN EN LA FORMACIÓN SONCO II, PROGRESIVA 14+550. FUENTE PROPIA. ....	77
FOTO 4. 4 ANTICLINAL, PROGRESIVA 15+040. FUENTE PROPIA. ....	77
FOTO 4. 5 SISTEMA DE PLIEGUES ENTRE LAS PROGRESIVAS 15+990 - 16+080. FUENTE PROPIA. ....	78
FOTO 4. 6 ANTICLINAL “INCLINADO”, QUE PODRÍA SER PARTE DE UN SISTEMA DE PLIEGUES, PROGRESIVA 16+590. FUENTE PROPIA...79	
FOTO 4. 7 SISTEMA DE PLIEGUES ENTRE LAS PROGRESIVAS 17+390 - 17+460, FUENTE PROPIA. ....	79
FOTO 4. 8 ESTRATIFICACIÓN CASI EN 90°, PROGRESIVA 17+230. FUENTE PROPIA. ....	79
FOTO 4. 9 SINCLINAL, PROGRESIVA 17+590. FUENTE PROPIA. ....	80
FOTO 4. 10 SINCLINAL, PROGRESIVA 22+950. FUENTE PROPIA. ....	81
FOTO 4. 11 GENERACIÓN DE PLIEGUES Y FALLAS INVERSAS DURANTE EL SLUMPING, PROGRESIVA 23+620. FUENTE PROPIA. ....	81
FOTO 4. 12 ANTICLINAL, PROGRESIVA 24+580. FUENTE PROPIA. ....	82

### CAPITULO V

FOTO 5. 1 AFLORAMIENTO DE ARENISCAS Y CONGLOMERADOS DE LA FORMACIÓN PARURO. FUENTE PROPIA.....	107
FOTO 5. 2 TAMAÑO MÁXIMO DE LOS CONGLOMERADOS, APROXIMADAMENTE 15 CM. FUENTE PROPIA. ....	108
FOTO 5. 3 AFLORAMIENTO DE MAMANTES EN LA FORMACIÓN SONCCO. FUENTE PROPIA.....	108
FOTO 5. 4 INTERCALACIÓN DE ARENISCAS Y LUTITAS, AMBAS, ALTAMENTE FRACTURADAS. FUENTE PROPIA.....	109
FOTO 5. 5 INTERCALACIONES DE LUTITAS Y ARENISCAS DE LA FORMACIÓN SONCCO. FUENTE PROPIA.....	109
FOTO 5. 6 INTERCALACIONES DE LUTITAS, LIMOLITAS Y ARENISCAS DE LA FORMACIÓN PARURO. FUENTE PROPIA.....	109

### CAPITULO VI

FOTO 6. 1 VENTANA ESTRUCTURAL N° 1. FUENTE PROPIA. ....	111
FOTO 6. 2 VENTANA ESTRUCTURAL N° 2. FUENTE PROPIA. ....	113
FOTO 6. 3 VENTANA ESTRUCTURAL N° 3. FUENTE PROPIA. ....	114
FOTO 6. 4 VENTANA ESTRUCTURAL N° 4. FUENTE PROPIA. ....	115
FOTO 6. 5 VENTANA ESTRUCTURAL N° 5. FUENTE PROPIA. ....	116
FOTO 6. 6 VENTANA ESTRUCTURAL N° 6. FUENTE PROPIA. ....	117
FOTO 6. 7 VENTANA ESTRUCTURAL N° 7. FUENTE PROPIA. ....	118
FOTO 6. 8 VENTANA ESTRUCTURAL N° 8. FUENTE PROPIA. ....	119
FOTO 6. 9 VENTANA ESTRUCTURAL N° 9. FUENTE PROPIA. ....	120



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### CAPITULO I

ILUSTRACIÓN 1. 1 TIPOS DE DESLIZAMIENTOS, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	8
ILUSTRACIÓN 1. 2 PARTES QUE CONFORMAN UN DESLIZAMIENTO. TOMADO DE SUÁREZ J., 2009.....	9
ILUSTRACIÓN 1. 3 GEOMETRÍA DE LOS DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002. ....	9
ILUSTRACIÓN 1. 4 FLUJOS, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	10
ILUSTRACIÓN 1. 5 TIPOS DE FLUJOS, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002. ....	11
ILUSTRACIÓN 1. 6 DESPRENDIMIENTOS Y VUELCO, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	11
ILUSTRACIÓN 1. 7 ESQUEMA DE PANDEO EN ESTRATOS VERTICALIZADOS, CON FLEXIÓN Y FRACTURA DE ESTRATOS. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	12
ILUSTRACIÓN 1. 8 AVALANCHAS EN ROCAS Y DERRUBIOS, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002. ....	12
ILUSTRACIÓN 1. 9 DESPLAZAMIENTOS LATERALES EN SUELO Y ROCA, TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	13
ILUSTRACIÓN 1. 10 VELOCIDAD DE ACUERDO AL TIPO DE MOVIMIENTO. TOMADO DE SUAREZ J., 2009.....	15
ILUSTRACIÓN 1. 11 CIRCULACIÓN DEL AGUA EN UNA LADERA. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	18
ILUSTRACIÓN 1. 12 ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA PARA REALIZACIÓN DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD, PELIGROSIDAD Y RIESGO (MODIFICADO DE FERRER, 1991. COMO SE CITÓ EN VALLEJO ET AL., 2002).....	22

### CAPITULO II

ILUSTRACIÓN 2. 1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS LOCALES DEL CUADRÁNGULO DEL CUSCO, TOMADO DE CARLOTTO ET AL. (2011).....	28
--	----

### CAPITULO III

ILUSTRACIÓN 3. 1 ESTRATIGRAFÍA DE LOS DOMINIOS PALEOGEOGRÁFICOS DEL CUADRÁNGULO DEL CUSCO 28-s. TOMADO DE CARLOTTO ET AL. (2011). ....	36
ILUSTRACIÓN 3. 2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO. TOMADO DEL INGEMMET, CARTA GEOLÓGICA NACIONAL 28-s III (CARLOTTO ET AL., 2011).....	37
ILUSTRACIÓN 3. 3 CLASIFICACIÓN DE LAS ARENISCAS SEGÚN FOLK (1974). MODIFICADO DE CASTRO, A., 1989. ....	42
ILUSTRACIÓN 3. 4 CLASIFICACIÓN DE LAS PSEFITAS O CONGLOMERADOS. TOMADO DE LIMARINO ET AL., 1996.....	43
ILUSTRACIÓN 3. 5 CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN DOTT (1964). MODIFICADO POR PETTIJOHN ET AL. (1987).....	43
ILUSTRACIÓN 3. 6 CLASIFICACIÓN DE TOBAS Y CENIZAS SEGÚN SCHMID (1981). TOMADO DE CASTRO, A., 1989. ....	44
ILUSTRACIÓN 3. 7 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 1. FUENTE PROPIA. ....	45
ILUSTRACIÓN 3. 8 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 2. FUENTE PROPIA. ....	46
ILUSTRACIÓN 3. 9 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 3. FUENTE PROPIA. ....	47
ILUSTRACIÓN 3. 10 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 4. FUENTE PROPIA. ....	48
ILUSTRACIÓN 3. 11 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 5, PARTE 1. FUENTE PROPIA.....	49
ILUSTRACIÓN 3. 12 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 5, PARTE 2. FUENTE PROPIA.....	50
ILUSTRACIÓN 3. 13 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 6. FUENTE PROPIA. ....	51
ILUSTRACIÓN 3. 14 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 7. FUENTE PROPIA. ....	52
ILUSTRACIÓN 3. 15 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 8. FUENTE PROPIA. ....	53
ILUSTRACIÓN 3. 16 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 9. FUENTE PROPIA. ....	54
ILUSTRACIÓN 3. 17 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 10. FUENTE PROPIA. ....	55
ILUSTRACIÓN 3. 18 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 11. FUENTE PROPIA. ....	56
ILUSTRACIÓN 3. 19 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 12. FUENTE PROPIA. ....	57
ILUSTRACIÓN 3. 20 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 13. FUENTE PROPIA. ....	58
ILUSTRACIÓN 3. 21 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 14. FUENTE PROPIA. ....	59
ILUSTRACIÓN 3. 22 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 15. FUENTE PROPIA. ....	60
ILUSTRACIÓN 3. 23 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 16. FUENTE PROPIA. ....	61
ILUSTRACIÓN 3. 24 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 17. FUENTE PROPIA. ....	62
ILUSTRACIÓN 3. 25 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA N° 18. FUENTE PROPIA. ....	63

### CAPITULO IV

ILUSTRACIÓN 4. 1 MAPA DE DOMINIOS ESTRUCTURALES DEL CUADRÁNGULO DE CUSCO. TOMADO DE CARLOTTO ET AL. (2011).....	72
ILUSTRACIÓN 4. 2 SECCIÓN GEOLÓGICA DONDE SE OBSERVA LAS PRINCIPALES FALLAS REGIONALES. TOMADO DE CARLOTTO ET AL. (2011). ....	74

### CAPITULO V

ILUSTRACIÓN 5. 1 AMÉRICA DEL SUR: REGIONES HIDROGRÁFICAS. TOMADO DEL ANA - “DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL PERÚ” (2012) .....	84
ILUSTRACIÓN 5. 2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA Y LOS GRÁFICOS DE SUS HISTOGRAMAS DE LA ESTACIÓN YAURI. TOMADO DEL SENAMHI - “SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA” (2019).....	87





ILUSTRACIÓN 5. 3 RECTA DE REGRESIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN SIMPLE QUE SE UTILIZA PARA EL AJUSTE LINEAL. TOMADO DE J.J. GÓMEZ - CÁRDENAS (2005). .....	88
--	----

## CAPITULO VII

ILUSTRACIÓN 7. 1 FUENTES SISMOGÉNICAS INTERFACE Y CORTICALES (A), INTRAPLICAS (B). TOMADO DE TAVERA ET AL. (2014). ..	123
ILUSTRACIÓN 7. 2 MAPA SÍSMICO DEL CUSCO (IGP), PERIODO 1960-2017. EDITADO DE TAVERA H., 2017. ....	124
ILUSTRACIÓN 7. 3 MAPA DE INTENSIDADES SÍSMICAS CORRESPONDIENTES AL SISMO DE PARURO, 5.1 ML (FUENTE: IGP, 2014). ....	126
ILUSTRACIÓN 7. 4 DISTRIBUCIÓN DE ACELERACIONES EN EL DEPARTAMENTO DEL CUSCO PARA UN PERIODO DE EXPOSICIÓN DE 50 AÑOS Y 10% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA, (EXTRAÍDO DE MONROY Y BOLAÑOS, 2004). ....	127
ILUSTRACIÓN 7. 5 DESLIZAMIENTO OCURRIDO EN EL SECTOR DE SICLLAPATA YA ESTABILIZADO CON BANQUETAS. (FUENTE: GOOGLE EARTH, 2018). ....	129

## CAPITULO VIII

ILUSTRACIÓN 8. 1 USO DE SIGS PARA COMBINACIÓN CUALITATIVA DE MAPAS. TOMADO DE SUAREZ, 2009, P. 549. ....	150
ILUSTRACIÓN 8. 2 RESUMEN DE LA PRECIPITACIÓN POR AÑOS Y SEGÚN LA ALTITUD. FUENTE PROPIA. ....	162

## CAPITULO IX

ILUSTRACIÓN 9. 1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN TOTAL POR ÁREA URBANA Y RURAL. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	170
ILUSTRACIÓN 9. 2 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN TOTAL SEGÚN SEXO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	170
ILUSTRACIÓN 9. 3 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN TOTAL SEGÚN GRUPO ETARIO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	171
ILUSTRACIÓN 9. 4 MANERA DE TRATAR LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	172
ILUSTRACIÓN 9. 5 NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO POR LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	172
ILUSTRACIÓN 9. 6 CONDICIÓN DE ALFABETISMO DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	173
ILUSTRACIÓN 9. 7 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 14 Y MÁS AÑOS DE EDAD, POR CATEGORÍA DE OCUPACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	174
ILUSTRACIÓN 9. 8 PROPIEDAD DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	175
ILUSTRACIÓN 9. 9 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	175
ILUSTRACIÓN 9. 10 MATERIAL DE PAREDES DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	176
ILUSTRACIÓN 9. 11 MATERIAL DE PAREDES DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	177
ILUSTRACIÓN 9. 12 ACCESO A AGUA POTABLE DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	178
ILUSTRACIÓN 9. 13 ACCESO A SERVICIO DE DESAGÜE DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	178
ILUSTRACIÓN 9. 14 ACCESO A SERVICIO DE ALUMBRADO ELÉCTRICO DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	179
ILUSTRACIÓN 9. 15 FLUJOGRAMA GENERAL DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD. ELABORACIÓN PROPIA. ....	180
ILUSTRACIÓN 9. 16 FLUJOGRAMA DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL. FUENTE PROPIA. ....	182
ILUSTRACIÓN 9. 17 FLUJOGRAMA DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA. FUENTE PROPIA. ....	186
ILUSTRACIÓN 9. 18 FLUJOGRAMA DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL. FUENTE PROPIA. ....	190

## CAPITULO X

ILUSTRACIÓN 10. 1 METODOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO. TOMADO DE SUÁREZ, 2009. ....	198
ILUSTRACIÓN 10. 2 MÉTODOS DE RETIRADA DE ROCAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES (WYLLIE Y NORRISH, 1996, EN MANUAL DE ESTABILIZACIÓN Y REVEGETACIÓN DE TALUDES, 1999). ....	203
ILUSTRACIÓN 10. 3 MEDIDAS DE REFUERZO DE LOS TALUDES EXCAVADOS EN ROCA (WYLLIE Y NORRISH, 1996, EN MANUAL DE ESTABILIZACIÓN Y REVEGETACIÓN DE TALUDES, 1999). ....	204
ILUSTRACIÓN 10. 4 MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD MIXTO (URIEL ET AL., 1996, EN MANUAL DE ESTABILIZACIÓN Y REVEGETACIÓN DE TALUDES, 1999). ....	204

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO I

TABLA 1. 1 UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE PROPIA. ....	3
TABLA 1. 2 COORDENADAS UTM, ZONA REGIONAL. FUENTE PROPIA. ....	3
TABLA 1. 3 COORDENADAS UTM DEL TRAMO DE CARRETERA. FUENTE PROPIA. ....	3
TABLA 1. 4.- DIVISIÓN HIDROGRÁFICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN PFAFSTETTER (NIVELES 1, 2, 3, 4 Y 5). MODIFICADO DE ATDR-SICUANI IRH - INRENA. ....	3
TABLA 1. 5.- DIVISIÓN HIDROGRÁFICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN PFAFSTETTER (NIVELES 5 Y 6). MODIFICADO DE ATDR-SICUANI IRH - INRENA. ....	4
TABLA 1. 6 RUTA 01, TRAMOS CON DISTANCIA Y TIEMPO DE VIAJE. FUENTE PROPIA. ....	4
TABLA 1. 7 RUTA 02, TRAMOS CON DISTANCIA Y TIEMPO DE VIAJE. FUENTE PROPIA. ....	4
TABLA 1. 8 CARACTERÍSTICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002. ....	14



TABLA 1. 9 ACTIVIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA. TOMADO DEL PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO, 2007.....	15
TABLA 1. 10 ESCALA DE VELOCIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA. ADAPTADO DE CRUDEN Y VARNES, 1996 COMO SE CITÓ EN SUAREZ J., 2009.....	16
TABLA 1. 11 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES, INFLUENCIAS Y EFECTOS. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	17
TABLA 1. 12 PROCESOS GEOLÓGICOS Y METEOROLÓGICOS QUE PUEDEN CAUSAR RIESGO. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002.....	20
TABLA 1. 13 ELEMENTOS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD. TOMADO DE VALLEJO ET AL. 2002.....	21
TABLA 1. 14 TIPOS DE MAPAS Y SU CONTENIDO. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002. ....	22

## CAPITULO II

TABLA 2. 1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS LOCALES. FUENTE PROPIA.....	31
---	----

## CAPITULO III

TABLA 3. 1 CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SEDIMENTOS DE WENTWORTH (1922), MODIFICADO POR ULMEN-SCOLLE (2014). FUENTE HERNÁNDEZ U. (2017). ....	42
TABLA 3. 2 CLASIFICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS Y ROCAS PIROCLÁSTICOS. TOMADO DE SCHMID, 1981.....	44
TABLA 3. 3 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 01. FUENTE PROPIA. ....	64
TABLA 3. 4 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 02. FUENTE PROPIA. ....	64
TABLA 3. 5 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 03. FUENTE PROPIA. ....	64
TABLA 3. 6 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 04. FUENTE PROPIA. ....	65
TABLA 3. 7 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 05. FUENTE PROPIA. ....	65
TABLA 3. 8 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 06. FUENTE PROPIA. ....	65
TABLA 3. 9 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 07. FUENTE PROPIA. ....	66
TABLA 3. 10 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 08. FUENTE PROPIA. ....	66
TABLA 3. 11 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 09. FUENTE PROPIA. ....	66
TABLA 3. 12 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 10. FUENTE PROPIA. ....	67
TABLA 3. 13 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 11. FUENTE PROPIA. ....	67
TABLA 3. 14 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 12. FUENTE PROPIA. ....	67
TABLA 3. 15 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 13. FUENTE PROPIA. ....	68
TABLA 3. 16 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 14. FUENTE PROPIA. ....	68
TABLA 3. 17 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 15. FUENTE PROPIA. ....	68
TABLA 3. 18 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 16. FUENTE PROPIA. ....	69
TABLA 3. 19 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 17. FUENTE PROPIA. ....	69
TABLA 3. 20 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 18. FUENTE PROPIA. ....	69
TABLA 3. 21 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA N° 19. FUENTE PROPIA. ....	70

## CAPITULO IV

TABLA 4. 1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL, PROGRESIVA 09+240 - 14+290. FUENTE PROPIA.....	76
TABLA 4. 2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL, PROGRESIVA 14+550 - 16+380. FUENTE PROPIA.....	77
TABLA 4. 3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL, PROGRESIVA 16+580 - 17+350. FUENTE PROPIA.....	78
TABLA 4. 4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL, PROGRESIVA 17+400 - 23+650. FUENTE PROPIA.....	80
TABLA 4. 5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL, PROGRESIVA 23+740 - 25+640. FUENTE PROPIA.....	81

## CAPITULO V

TABLA 5. 1 DIVISIÓN HIDROGRÁFICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN PFAFSTETTER (NIVELES 1, 2, 3, 4 Y 5). MODIFICADO DE ATDR- SICUANI IRH - INRENA (2005). ....	84
TABLA 5. 2 DIVISIÓN HIDROGRÁFICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN PFAFSTETTER (NIVELES 5 Y 6). MODIFICADO DE ATDR-SICUANI IRH - INRENA (2005). ....	85
TABLA 5. 3 CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS BASADAS EN SU ÁREA EN KM2. TOMADO DE LAS SEPARATAS DE HIDROLOGÍA DEL ING. TEDY MAROCHO ORÉ (2014). ....	85
TABLA 5. 4 SUBUNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA PARURO. FUENTE PROPIA.....	85
TABLA 5. 5 ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA VÍA RANRACCASA - PARURO. FUENTE SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAMHI). ....	86
TABLA 5. 6 COMPLETADO DE DATOS POR EL MÉTODO DE AJUSTE LINEAL DE LA ESTACIÓN ANTA CON RESPECTO A LA ESTACIÓN KAYRA. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	89
TABLA 5. 7 REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN DE ANTA CON LOS DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS. FUENTE PROPIA. .....	91
TABLA 5. 8 REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN DE ZURITE CON LOS DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS. FUENTE PROPIA. ....	92
TABLA 5. 9 REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN DE PERAYOC CON LOS DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS. FUENTE PROPIA. ....	93



TABLA 5. 10 REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN DE KAYRA CON LOS DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	94
TABLA 5. 11 REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN DE YAURI CON LOS DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS. FUENTE PROPIA. ....	95
TABLA 5. 12 CUADRO RESUMEN DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES DE LAS 06 ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA ....	97
TABLA 5. 13 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE ENERO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	100
TABLA 5. 14 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE FEBRERO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	100
TABLA 5. 15 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE MARZO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	101
TABLA 5. 16 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE ABRIL EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	101
TABLA 5. 17 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE MAYO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	102
TABLA 5. 18 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE JUNIO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	102
TABLA 5. 19 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE JULIO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	103
TABLA 5. 20 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE AGOSTO EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	103
TABLA 5. 21 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE SEPTIEMBRE EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	104
TABLA 5. 22 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE OCTUBRE EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	104
TABLA 5. 23 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE NOVIEMBRE EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	105
TABLA 5. 24 CUADRO DEL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DEL MES DE DICIEMBRE EN EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIONES. FUENTE PROPIA. ....	105
TABLA 5. 25 CUADRO RESUMEN DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS OBTENIDAS MEDIANTE EL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN POR EL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL, PP (MM) CADA 25 M. FUENTE PROPIA. ....	106

## CAPITULO VI

TABLA 6. 1 ESTIMACIÓN APROXIMADA Y CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS. TOMADO DE VALLEJO ET AL., 2002 (P. 131). ....	112
TABLA 6. 2 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 1. FUENTE PROPIA. ....	112
TABLA 6. 3 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N°1. MODIFICADO DE CGI. ....	112
TABLA 6. 4 VALORACIÓN DE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES. TOMADO DE RAMÍREZ (2004), P. 168. ....	113
TABLA 6. 5 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 2. FUENTE PROPIA. ....	113
TABLA 6. 6 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 2. MODIFICADO DE CGI. ....	113
TABLA 6. 7 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 3. FUENTE PROPIA. ....	114
TABLA 6. 8 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 3. MODIFICADO DE CGI. ....	114
TABLA 6. 9 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 4. FUENTE PROPIA. ....	115
TABLA 6. 10 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 4. MODIFICADO DE CGI. ....	115
TABLA 6. 11 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 5. FUENTE PROPIA. ....	116
TABLA 6. 12 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 5. MODIFICADO DE CGI. ....	116
TABLA 6. 13 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 6. FUENTE PROPIA. ....	117
TABLA 6. 14 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 6. MODIFICADO DE CGI. ....	117
TABLA 6. 15 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 7. FUENTE PROPIA. ....	118
TABLA 6. 16 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 7. MODIFICADO DE CGI. ....	118
TABLA 6. 17 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 8. FUENTE PROPIA. ....	119
TABLA 6. 18 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 8. MODIFICADO DE CGI. ....	119
TABLA 6. 19 RQD DE LA VENTANA ESTRUCTURAL N° 9. FUENTE PROPIA. ....	120
TABLA 6. 20 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN EL RMR DE BIENIAWSKI, V. ESTRUCTURAL N° 9. MODIFICADO DE CGI. ....	120

## CAPITULO VII

TABLA 7. 1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y UTM DE LAS FUENTES CORTICALES (F-19) Y SUBDUCCIÓN - INTRAPLACA (F-21 Y F-23) DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO. TOMADO DE TAVERA ET AL. (2014). ....	123
TABLA 7. 2 ANTECEDENTES SÍSMICOS DE LA REGIÓN DEL CUSCO, TOMADO DEL IGP. ....	125



TABLA 7. 3 CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN DE LA ONDA SÍSMICA E INTENSIDAD ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA RANRACCASA- PARURO, CON REFERENCIA A LA FALLA PARURO. FUENTE PROPIA. ....	128
TABLA 7. 4 GRADO DE INTENSIDAD SEGÚN LOS VALORES OBTENIDOS CON LA FÓRMULA DE STEINMOM (1982), (FUENTE: MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE ANTA-IZCUCHACA). ....	128
TABLA 7. 5 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA. FUENTE PROPIA. ....	130
TABLA 7. 6 DESPRENDIMIENTO GEX-001. FUENTE PROPIA. ....	134
TABLA 7. 7 DESPRENDIMIENTO GEX-009. FUENTE PROPIA. ....	134
TABLA 7. 8 DESPRENDIMIENTO GEX-018. FUENTE PROPIA. ....	134
TABLA 7. 9 DESPRENDIMIENTO GEX-035. FUENTE PROPIA. ....	135
TABLA 7. 10 DESPRENDIMIENTO GEX-053. FUENTE PROPIA. ....	135
TABLA 7. 11 DESPRENDIMIENTO GEX-057. FUENTE PROPIA. ....	135
TABLA 7. 12 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-019. FUENTE PROPIA. ....	136
TABLA 7. 13 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-029. FUENTE PROPIA. ....	136
TABLA 7. 14 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-031. FUENTE PROPIA. ....	136
TABLA 7. 15 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-034. FUENTE PROPIA. ....	137
TABLA 7. 16 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-041. FUENTE PROPIA. ....	137
TABLA 7. 17 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-056. FUENTE PROPIA. ....	137
TABLA 7. 18 FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW) GEX-101. FUENTE PROPIA. ....	138
TABLA 7. 19 FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW) GEX-005. FUENTE PROPIA. ....	138
TABLA 7. 20 FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW) GEX-006. FUENTE PROPIA. ....	138
TABLA 7. 21 FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW) GEX-008. FUENTE PROPIA. ....	139
TABLA 7. 22 FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW) GEX-011. FUENTE PROPIA. ....	139
TABLA 7. 23 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-016. FUENTE PROPIA. ....	139
TABLA 7. 24 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-029. FUENTE PROPIA. ....	139
TABLA 7. 25 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-081. FUENTE PROPIA. ....	140
TABLA 7. 26 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-083. FUENTE PROPIA. ....	140
TABLA 7. 27 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-094. FUENTE PROPIA. ....	141
TABLA 7. 28 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-100. FUENTE PROPIA. ....	141
TABLA 7. 29 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL GEX-105. FUENTE PROPIA. ....	141
TABLA 7. 30 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-028. FUENTE PROPIA. ....	142
TABLA 7. 31 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-043. FUENTE PROPIA. ....	142
TABLA 7. 32 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-044. FUENTE PROPIA. ....	142
TABLA 7. 33 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-088. FUENTE PROPIA. ....	143
TABLA 7. 34 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-090. FUENTE PROPIA. ....	143
TABLA 7. 35 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-092. FUENTE PROPIA. ....	143
TABLA 7. 36 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL GEX-098. FUENTE PROPIA. ....	144
TABLA 7. 37 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-007. FUENTE PROPIA. ....	144
TABLA 7. 38 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-010. FUENTE PROPIA. ....	144
TABLA 7. 39 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-023. FUENTE PROPIA. ....	145
TABLA 7. 40 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-030. FUENTE PROPIA. ....	145
TABLA 7. 41 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-032. FUENTE PROPIA. ....	145
TABLA 7. 42 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-048. FUENTE PROPIA. ....	146
TABLA 7. 43 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-049. FUENTE PROPIA. ....	146
TABLA 7. 44 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-063. FUENTE PROPIA. ....	146
TABLA 7. 45 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-082. FUENTE PROPIA. ....	147
TABLA 7. 46 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-087. FUENTE PROPIA. ....	147
TABLA 7. 47 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-097. FUENTE PROPIA. ....	147
TABLA 7. 48 MOVIMIENTO COMPLEJO GEX-104. FUENTE PROPIA. ....	148
TABLA 7. 49 EXTENSIÓN LATERAL. GEX-108. FUENTE PROPIA. ....	148

## CAPITULO VIII

TABLA 8. 1 INVENTARIO DE COBERTURA VEGETAL. FUENTE PROPIA. ....	151
TABLA 8. 2 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LOS DESCRIPTORES PARA DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	152
TABLA 8. 3 MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LOS DESCRIPTORES PARA DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	153
TABLA 8. 4 RELACIÓN DE CONSISTENCIA DE LOS DESCRIPTORES PARA DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	153
TABLA 8. 5 TABLA DE CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE DESCRIPTORES "N" CON EL IA. FUENTE CENEPRED, 2014. ....	153
TABLA 8. 6 RESUMEN DE LA PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	153
TABLA 8. 7 NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	154
TABLA 8. 8 MATRIZ DE NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD POR DESPRENDIMIENTOS. FUENTE PROPIA. ....	154



TABLA 8. 9 RESUMEN DE LA PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A FLUJOS DE DETRITOS. FUENTE PROPIA. ....	155
TABLA 8. 10 NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA FLUJOS DE DETRITOS (DEBRIS FLOW). FUENTE PROPIA. ....	155
TABLA 8. 11 MATRIZ DE NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD POR FLUJO DE DETRITOS. FUENTE PROPIA. ....	156
TABLA 8. 12 RESUMEN DE LA PONDERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A FLUJOS DE BARRO. FUENTE PROPIA. ....	156
TABLA 8. 13 NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW). FUENTE PROPIA. ....	157
TABLA 8. 14 MATRIZ DE NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA FLUJOS DE BARRO (MUD FLOW). FUENTE PROPIA. ....	157
TABLA 8. 15 RESUMEN DE LA PONDERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DESCRIPTORES PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A D. ROTACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	158
TABLA 8. 16 NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	159
TABLA 8. 17 MATRIZ DE NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD PARA DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	159
TABLA 8. 18 PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES PARA D. TRASLACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	160
TABLA 8. 19 NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	160
TABLA 8. 20 MATRIZ DE NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES. FUENTE PROPIA. ....	161
TABLA 8. 21 POSIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS CAUSADOS POR SISMOS. TOMADO DE SUÁREZ, 2009. ....	162
TABLA 8. 22 PONDERACIÓN DE LOS FACTORES DESENCADENANTES. FUENTE PROPIA. ....	163
TABLA 8. 23 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DE LA SISMICIDAD. FUENTE PROPIA. ....	163
TABLA 8. 24 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DE LA PRECIPITACIÓN. FUENTE PROPIA. ....	164
TABLA 8. 25 CLASIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS DE ACUERDO CON SU VOLUMEN. TOMADO DE FELL, 1994. ....	165
TABLA 8. 26 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LOS FENÓMENOS GEODINÁMICOS. FUENTE PROPIA. ....	165
TABLA 8. 27 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES PARA LOS TIPOS DE FENÓMENOS. FUENTE PROPIA. ....	165
TABLA 8. 28 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DE LA ACTIVIDAD. FUENTE PROPIA. ....	166
TABLA 8. 29 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DE LA VELOCIDAD. FUENTE PROPIA. ....	166
TABLA 8. 30 PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL VOLUMEN. FUENTE PROPIA. ....	167
TABLA 8. 31 NIVELES DE PELIGROSIDAD. FUENTE PROPIA. ....	167

## CAPITULO IX

TABLA 9. 1 POBLACIÓN TOTAL POR DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE PARURO, QUE SE VERÍAN AFECTADAS. FUENTE: INEI - RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. ....	169
TABLA 9. 2 POBLACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA POR ÁREA URBANA Y RURAL, SEGÚN DISTRITOS 2017. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	169
TABLA 9. 3 POBLACIÓN SEGÚN SEXO, SEGÚN DISTRITOS 2017. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	170
TABLA 9. 4 POBLACIÓN POR GRUPO ETARIO, SEGÚN DISTRITOS 2017. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	171
TABLA 9. 5 MANERA DE TRATAR LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	171
TABLA 9. 6 NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO POR LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	172
TABLA 9. 7 CONDICIÓN DE ALFABETISMO DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	173
TABLA 9. 8 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 14 Y MÁS AÑOS DE EDAD, POR CATEGORÍA DE OCUPACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA. ....	173
TABLA 9. 9 PROPIEDAD DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	174
TABLA 9. 10 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	175
TABLA 9. 11 MATERIAL DE PAREDES DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	176
TABLA 9. 12 MATERIAL DE PAREDES DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	176





TABLA 9. 13 ACCESO A AGUA POTABLE DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	177
TABLA 9. 14 ACCESO A SERVICIO DE DESAGÜE DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI -RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	178
TABLA 9. 15 ACCESO A SERVICIO DE ALUMBRADO ELÉCTRICO DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE PARURO. FUENTE INEI - RESULTADOS DEFINITIVOS DEL XI CENSO DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA DEL 2017. MODIFICADO POR LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA. ....	179
TABLA 9. 16 PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES (FACTORES) DE LA VULNERABILIDAD. MODIFICADO DEL CENEPRED, 2014. ....	181
TABLA 9. 17 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA FRAGILIDAD SOCIAL. FUENTE PROPIA. ....	183
TABLA 9. 18 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA RESILIENCIA SOCIAL. FUENTE PROPIA. ....	185
TABLA 9. 19 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA. FUENTE PROPIA. ....	188
TABLA 9. 20 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA RESILIENCIA ECONÓMICA. FUENTE PROPIA. ....	189
TABLA 9. 21 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL. FUENTE PROPIA. ....	191
TABLA 9. 22 PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y DISCRIMINANTES DE LA RESILIENCIA AMBIENTAL. FUENTE PROPIA. ....	192
TABLA 9. 23 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE FRAGILIDAD DE LAS DIMENSIONES SOCIALES. FUENTE PROPIA. ....	192
TABLA 9. 24 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE FRAGILIDAD DE LAS DIMENSIONES ECONÓMICAS. FUENTE PROPIA. ....	192
TABLA 9. 25 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE FRAGILIDAD DE LAS DIMENSIONES AMBIENTALES. FUENTE PROPIA. ....	193
TABLA 9. 26 NIVELES DE FRAGILIDAD. FUENTE PROPIA. ....	193
TABLA 9. 27 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RESILIENCIA DE LAS DIMENSIONES SOCIALES. FUENTE PROPIA. ....	193
TABLA 9. 28 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RESILIENCIA DE LAS DIMENSIONES ECONÓMICAS. FUENTE PROPIA. ....	193
TABLA 9. 29 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RESILIENCIA DE LAS DIMENSIONES AMBIENTALES. FUENTE PROPIA. ....	194
TABLA 9. 30 NIVELES DE RESILIENCIA. FUENTE PROPIA. ....	194
TABLA 9. 31 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD. FUENTE PROPIA. ....	194
TABLA 9. 32 NIVELES DE VULNERABILIDAD, FUENTE PROPIA. ....	194
TABLA 9. 33 ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD. FUENTE PROPIA. ....	195

## CAPITULO X

TABLA 10. 1 MATRIZ DE RIESGOS, FUENTE PROPIA. ....	198
TABLA 10. 2 NIVELES DE RIESGO, FUENTE PROPIA. ....	198
TABLA 10. 3 ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO FUENTE PROPIA. ....	199
TABLA 10. 4 VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS. FUENTE CENEPRED. ....	200
TABLA 10. 5 VALORACIÓN DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIAS. FUENTE: CENEPRED. ....	200
TABLA 10. 6 NIVEL DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS. FUENTE: PROPIA. ....	201
TABLA 10. 7 ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA. FUENTE: CENEPRED. ....	201
TABLA 10. 8 NIVEL DE ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA DEL RIESGO. FUENTE: CENEPRED. ....	202
TABLA 10. 9 PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN. FUENTE: CENEPRED. ....	202



## Resumen

El presente trabajo de estudio se desarrolló en el tramo de carretera Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 a 25+900). Políticamente, la zona de estudio, se encuentra ubicado entre los distritos de Yaurisque y Paruro, pertenecientes a la provincia de Paruro, departamento del Cusco.

Geomorfológicamente, la zona de estudio, se encuentra ubicado en el Altiplano (Ilustración 2.1). Alrededor de la vía se puede apreciar geoformas como: colinas, montañas, altiplanicies y valles con sus respectivos subpaisajes (Tabla 2.1).

Los afloramientos rocosos pertenecen a las formaciones Soncco y Paruro; la formación Soncco está caracterizado por la intercalación de lutitas rojas y areniscas con un alto porcentaje de matriz, típicas de llanuras de inundación. La formación Paruro está caracterizado por la presencia de lutitas y limolitas de color crema (Foto 3.2) y conglomerados fluviales cuyos clastos pueden llegar a medir 10 cm de diámetro (Ilustraciones 3.7 a 3.25 y Tablas 3.3 a 3.21).

Los cortes de talud permiten apreciar varias estructuras tectónicas: fallas, pliegues etc. (Tablas 4.1 a 4.5 y Fotos 4.2 a 4.12), lo que refleja la alta actividad tectónica que experimentó la zona. Esta actividad está asociado al sistema de fallas regionales Cusco- Lagunillas - Mañazo, que ha generado fallas como: Falla Miska - Araipallpa, Falla Huanquite - Accha, Falla Paruro, Sinclinal Paruro y muchas fallas y pliegues locales, que se pueden apreciar a lo largo de la vía (Ilustraciones 4.1 y 4.2, Foto 4.2).

Hidrológicamente, la zona de estudio se encuentra ubicado en la Intercuenca Baja Apurímac, con código Pfasterter 499991 (Tabla 5.2). Se regionalizó la precipitación mediante el método de regresión Lineal, tomando como estaciones base las estaciones de Perayoc, Zurite, Paruro, Anta, Granja Kayra y Yauri (Tablas 5.7 a 5.11), con las cuales se obtuvo las precipitaciones medias mensuales para cada mes (Tablas 5.13 a 5.25). En Base a las características geológicas y estructurales se determinó las características hidrogeológicas (Foto 5.1 a 5.6).

Como consecuencia de la actividad tectónica han ocurrido sismos de gran importancia en la zona de estudio, la más reciente y que trajo consigo pérdidas considerables fue el sismo del 27 de setiembre del 2014, cuyo epicentro se registró a 4 km al oeste del C.P. de Paruro, con una magnitud de 5.1 ML en la escala de Richter e intensidades que varían de VII a III (Ilustración 7.3).

El análisis y la evaluación de la Peligrosidad se hizo siguiendo el método “Heurístico” explicado por Jaime Suárez Díaz en su libro de Deslizamientos. En base a estas metodologías se hicieron los mapas de susceptibilidad para cada fenómeno y el subsiguiente mapa de peligrosidad.

El análisis de riesgo se hizo de manera cualitativo, multiplicando los niveles de vulnerabilidad con los niveles de peligrosidad. Se plantaron medidas para la prevención y mitigación tanto estructurales como no estructurales.

**Palabras Claves:** Susceptibilidad, F. Condicionantes, F. Desencadenantes, Peligrosidad, Vulnerabilidad, Riesgo, Prevención y Mitigación.



### Abstrac

The present study work was carried out on the Ranraccasa - Paruro road section (Km 8 + 900 to 25 + 900). Politically, the study area is located between the Yaurisque and Paruro districts, belonging to the Paruro province, department of Cusco.

Geomorphologically, the study area is located in the Altiplano (Illustration 2.1). Around the road you can see geoforms such as: hills, mountains, plateau and valleys with their respective sub-landscapes (Table 2.1).

The rocky outcrops belong to the Soncco and Paruro formations; The Soncco formation is characterized by the intercalation of red shales and sandstones with a high percentage of matrix, typical of flood plains. The Paruro formation is characterized by the presence of cream-colored shales and siltstones (Photo 3.2) and fluvial conglomerates whose clasts can measure up to 10 cm in diameter (Illustrations 3.7 to 3.25 and Tables 3.3 to 3.21).

The slope cuts allow to appreciate various tectonic structures: faults, folds, etc. (Tables 4.1 to 4.5 and Photos 4.2 to 4.12), reflecting the high tectonic activity experienced by the area. This activity is associated with the Cusco-Lagunillas-Mañazo regional fault system, which has generated faults such as: Miska-Araipallpa fault, Huanoquite-Accha fault, Paruro fault, Sinclinal Paruro and many local faults and folds, which can be seen throughout of the road (Illustrations 4.1 and 4.2, Photo 4.2).

Hydrologically, the study area is located in the Baja Apurímac Interbasin, with code Pfastetter 499991 (Table 5.2). Precipitation was regionalized by means of the linear regression method, taking as stations the stations of Perayoc, Zurite, Paruro, Anta, Granja Kayra and Yauri (Tables 5.7 to 5.11), with which the average monthly rainfall for each month was obtained (Tables 5.13 to 5.25). Based on the geological and structural characteristics, the hydrogeological characteristics were determined (Photo 5.1 to 5.6).

As a consequence of the tectonic activity, earthquakes of great importance have occurred in the study area, the most recent and which brought about considerable losses was the earthquake of September 27, 2014, the epicenter of which was recorded 4 km west of the C.P. de Paruro, with a magnitude of 5.1 ML on the Richter scale and intensities that vary from VII to III (Illustration 7.3).

The analysis and evaluation of the Dangerousness was made following the “Heuristic” method explained by Jaime Suárez Díaz in his book of Landslides. Based on these methodologies, the susceptibility maps for each phenomenon and the subsequent hazard map were made.

The risk analysis was done qualitatively, multiplying the levels of vulnerability with the levels of danger. Both structural and non-structural prevention and mitigation measures were planted.

KeyWords: Susceptibility, F. Determining factors, F. Triggers, Dangerousness, Vulnerability, Risk, Prevention and Mitigation.





## Introducción

El estudio de los métodos geológicos de prevención y mitigación de riesgos geológicos resultan esenciales para una adecuada planificación territorial. En la actualidad debido al crecimiento y desarrollo de los centros poblados, existe un problema entre la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico, que necesitan de acciones adecuadas para equilibrar las condiciones naturales con el uso y ocupación del terreno.

Estas acciones deben tener como punto de partida la comprensión de los procesos geodinámicos que causan los desastres naturales y en segundo lugar el conocimiento del comportamiento geomecánico del terreno, donde afectan los procesos. Los efectos dañinos de un determinado proceso geológico dependen de: La velocidad, la magnitud y el alcance del proceso geológico. Los procesos pueden ser violentos y catastróficos (terremoto, repentino deslizamiento de tierra a gran escala, el colapso) o lento (flujos y otros movimientos de pendiente, hundimientos, etc.). La posibilidad de prevención o la predicción y el tiempo de reacción respecto a algunos procesos, como terremotos o inundaciones, no se pueden prevenir con demasiada antelación, por lo que el tiempo de respuesta para las alertas suele ser muy escaso. La posibilidad de actuar sobre un determinado proceso de riesgo geológico y su control, con el fin de proteger los elementos expuestos a sus efectos.

No todos los procesos pueden ser controlados o mitigados, sólo cuando, estos procesos, se producen a una escala “geotécnica” (cuando podemos analizar sus causas intrínsecas de resistencia y deformación), pueden ser controlables por la acción humana, como desprendimientos de tierra o roca, los procesos erosivos, hundimientos e inundaciones. Otros procesos, como los terremotos, los tsunamis, erupciones volcánicas y deslizamientos o avalanchas de grandes dimensiones en las zonas montañosas de gran escala, están por el momento fuera del alcance del control humano.

Algo que también se debe tener en cuenta, cuando se realiza un estudio de riesgos, son los niveles de vulnerabilidad de las poblaciones próximas a los procesos geodinámicos.

En el presente trabajo de investigación vamos a evaluar el riesgo geológico en el tramo de carretera Ranraccasa- Paruro (KM 8+900 – 25+900), sus características geológicas- geodinámicas hacen, de este tramo, altamente susceptible a procesos geodinámicos externos que afectando a los pobladores de manera directa e indirecta.



# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**



## 1.1. Ubicación

### 1.1.1. Ubicación Política

El tramo de carretera Ranraccasa - Paruro, forma parte de la carretera Cusco - Occopata - Yaurisque - Ranraccasa - Paruro. Localizado al sureste de la ciudad del Cusco, en los distritos de Paruro y Yaurisque, Provincia de Paruro, Departamento del Cusco (Tabla 1. 1, Mapa M-01).

**Tabla 1. 1** Ubicación Política de la zona de estudio. Fuente Propia

<b>Departamento:</b>	Cusco
<b>Provincia:</b>	Paruro
<b>Distritos:</b>	Paruro y Yaurisque

### 1.1.2. Ubicación UTM

Para el desarrollo de este estudio vamos a determinar dos tipos de áreas de estudio, una regional, que abarca el estudio desde el punto de vista regional (gran escala) y otro local, que abarca el estudio desde un punto de vista más detallado (menor escala) que coincide con el tramo de la carretera en estudio.

**Coordenadas UTM de la zona regional (Tabla 1.2).**

**Tabla 1. 2** Coordenadas UTM, zona regional. Fuente Propia

Punto	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Zona
1	180530	8487950	19s
2	196923	8487950	19s
3	196923	8476000	19s
4	180530	8476000	19s

**Coordenadas UTM del tramo de carretera (zona local) (Tabla 1.3).**

**Tabla 1. 3** Coordenadas UTM del tramo de carretera. Fuente Propia

Progresiva	Coordenadas UTM			Altura m.s.n.m.
	Este	Norte	Zona	
8+900	185894	8484968	19s	3788.50
14+900	187922	8481532	19s	3552.20
20+900	190397	8479961	19s	3353.00
25+900	191326	8477369	19s	3094.50

### 1.1.3. Ubicación Hidrográfica

Desde un punto de vista hidrográfico, la zona de estudio, se encuentra ubicado en la cuenca del río Paruro. Esta cuenca, según la clasificación hidrográfica propuesta por el INRENA y el ANA, se encuentra ubicada en la Intercuenca Baja Apurímac con código PFAFSTETTER 499991, en el nivel 6. (Tablas 1.4 y 1.5, Mapa M-16).

**Tabla 1. 4.-** División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 1, 2, 3, 4 y 5). Modificado de ATDR-SICUANI IRH - INRENA.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
(4) Cuenca Hidrográfica del río Amazonas	(49) Intercuenca Hidrográfica Alto Amazonas	(499) Intercuenca Hidrográfica del río Ucayali	(4999) Intercuenca hidrográfica del río Apurímac (cabecera del río Ucayali)	(49999) Intercuenca hidrográfica Alta del río Apurímac



**Tabla 1. 5.-** División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 5 y 6). Modificado de ATDR-SICUANI IRH - INRENA.

NIVEL 5	NIVEL 6	CODIGO	AREA (km2)
Intercuenca hidrográfica Alta del río Apurímac	Intercuenca Alta río Apurímac	499999	1942.3
	Cuenca Sañu	499998	610.5
	Intercuenca Sañu-Qquero	499997	308.3
	Cuenca Qquero	499996	938.9
	Intercuenca Qquero-Salado	499995	18.2
	Cuenca Salado	499994	2414.8
	Intercuenca Salado-Livitaca	499993	1907.7
	Cuenca Livitaca	499992	767.1
	<b>Intercuenca Baja Apurímac</b>	<b>499991</b>	<b>684.2</b>

## 1.2. Accesibilidad

Se puede acceder a la zona de estudio por medio de dos rutas (Tabla 1.5, 1.6, Mapa M-02):

- **Ruta 01:** Cusco (saliendo por el distrito de Santiago) - Occopata - Yaurisque - Ranraccasa (Tabla 1.5).
- **Ruta 02:** Cusco (saliendo por el distrito de San Jerónimo) - Chimaconchacalla - Mayumbamba - Paruro (Tabla 1.6).

**Tabla 1. 6** Ruta 01, Tramos con distancia y tiempo de viaje. Fuente Propia

Tramos Ruta 01	Distancia	Tipo de vía	Tiempo de Viaje
Cusco (Santiago) - Occopata	12 km	Asfaltada	15 min
Occopata - Yaurisque	18 km	Asfaltada	45 min
Yaurisque - Ranraccasa	9 km	Asfaltada	15 min
<b>Total:</b>	<b>39 km</b>		<b>1 h con 15 min</b>

**Tabla 1. 7** Ruta 02, Tramos con distancia y tiempo de viaje. Fuente Propia

Tramos Ruta 02	Distancia	Tipo de vía	Tiempo de Viaje
Cusco (San Jerónimo) - Chimaconchacalla	9 km	Trocha Carrozable	25 min
Chimaconchacalla - Mayubamba	21 km	Trocha Carrozable	60 min
Mayubamba - Paruro	14 km	Trocha Carrozable	45 min
<b>Total:</b>	<b>44 km</b>		<b>2 h con 10 min</b>

No siendo estas dos las únicas vías de acceso a la zona de estudio, existe otras vía de acceso una de ellas es la que sale de la ciudad del Cusco por la zona de Agua Buena y se empalma al tramo que sale de San Jerónimo en Mayubamba.

## 1.3. Planteamiento del Problema

### 1.3.1. Descripción del Problema

A fines del año 2017 se concluyó el proyecto del mejoramiento de la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, ejecutada por el Plan COPESCO, la carretera atraviesa los centros poblados de, Yaurisque, Ranraccasa, Anasaya, etc., hasta llegar a la capital de la Provincia de Paruro, tiene una longitud de 25,980 m. Según el expediente técnico, sus características geométricas corresponden a un Camino Vecinal Tipo 3 con un ancho total de 7.00 m., que corresponde a 6.00 m. de carpeta asfáltica, bermas de 0.50 m. a cada lado de la vía. La carretera, antes de su mejoramiento, era una carretera afirmada con un ancho promedio de 4 m. Para ampliar la carretera de 4 a 7 m se tuvo que realizar nuevos cortes en los taludes de la carretera,



cuyas características geológicas, geotécnicas, asociadas a las condiciones geomorfológicas y climáticas de la zona hacen que los nuevos taludes (cortes de carretera) presenten una gran inestabilidad, generándose diferentes tipos de fenómenos de geodinámica externa como: deslizamientos, caídas de rocas, flujo de detritos, etc., que afectan el tránsito de vehículos y pobladores por la carretera. Dichos fenómenos geodinámicos constituyen un peligro geológico, que afectando a zonas vulnerables podrían originar riesgo geológico. La vía tiene una gran importancia ya que permite el traslado de pobladores y productos de centros poblados de la Provincia de Paruro (como los distritos de Accha, Ccapi, Colcha, Omacha, Paruro, Pillpinto etc.).

### 1.3.2. Formulación del Problema

#### Problema General

¿Cuáles son los niveles de riesgo geológicos en la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa-Paruro, ocasionados por fenómenos geodinámicos externos, para prevenirlos y/o mitigarlos?

#### Problemas Específicos

- ¿Qué unidades geomorfológicas están próximos al tramo de carretera?
- ¿Qué formaciones geológicas afloran en el tramo de carretera?
- ¿Qué unidades estructurales (fallas, pliegues, etc.) se pueden apreciar en el tramo de carretera?
- ¿Cuáles son las condiciones Hidrológicas e Hidrogeológicas en la zona de estudio (tramo Ranraccasa- Paruro)?
- ¿Cuáles son las condiciones geomecánicas de los afloramientos rocosos en la zona de estudio?
- ¿Qué tipo de fenómenos de geodinámica externa se encuentran en la zona de estudio?
- ¿Cuáles son los niveles de peligrosidad ocasionados por los fenómenos geodinámicos externos en el tramo de carretera?
- ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad de la población, del tramo de carretera y de los bins próximos al tramo de carretera?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo geológico y en qué medida se pueden prevenir y/o mitigar dichos riesgos?

### 1.4. Justificación e Importancia

La provincia de Paruro, es una de las provincias más pobres del departamento de Cusco, en su gran mayoría, los pobladores de la provincia de Paruro, se dedicaban a la agricultura y ganadería, la carretera “Yaurisque - Ranraccasa - Paruro” tiene una gran importancia, permite el traslado de los pobladores y productos de los centros poblados de la Provincia de Paruro (de los distritos de Accha, Ccapi, Colcha, Omacha, Paruro, Pillpinto, etc.) a la ciudad del Cusco. Mediante la evaluación de los riesgos geológicos en la carretera podremos ubicar las zonas de riesgo, así, este trabajo de investigación, podrá ayudar a las autoridades correspondientes a ubicar mejor las zonas a tratar, buscando medidas de prevención y/o mitigación.

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo General

Realizar la evaluación del riesgo geológico en la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro, ocasionado por fenómenos geodinámicos externos, para prevenirlos y/o mitigarlos.

#### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las unidades geomorfológicas en la carretera Yaurisque-Ranraccasa-Paruro, tramo Ranraccasa-Paruro (Km 8+900 - 25+900).



- Identificar las formaciones geológicas del área de estudio (litología de los afloramientos rocosos)
- Identificar las unidades estructurales (identificación de fallas y pliegues) de la zona de estudio.
- Determinar las características hidrológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio.
- Determinar las características geomecánicas de los taludes de la carretera Yaurisque-Ranraccasa-Paruro, tramo Ranraccasa-Paruro (Km 8+900 - 25+900).
- Identificar y describir los fenómenos de geodinámica externa presentes en los taludes de la carretera Yaurisque-Ranraccasa-Paruro, tramo Ranraccasa-Paruro (Km 8+900 - 25+900).
- Determinar los niveles de peligrosidad ocasionada por los fenómenos geodinámicos externos en el tramo Ranraccasa-Paruro (Km 8+900 - 25+900).
- Determinar los niveles de vulnerabilidad en la zona de estudio.
- Determinar los niveles de riesgo geológico del tramo de carretera.
- Plantear medidas de prevención y mitigación.

## 1.6. Hipótesis

La zona de estudio presenta elevados niveles de Peligrosidad, Vulnerabilidad y de Riesgo Geológico, ocasionados por fenómenos geodinámicos externos. Los resultados obtenidos podrán ayudar a las autoridades correspondientes a determinar las zonas en las que se debe dar mayor énfasis en la prevención y/o mitigación.

## 1.7. Limitaciones

Para la realización del trabajo de investigación se han tenido dos principales limitaciones, uno desde el punto de vista económico y otro desde un punto de vista social. Para realizar un adecuado mapeo e inventario de peligros existen, en la actualidad, nuevas técnicas que ayudan a optimizar dicho mapeo, como la “Fotogrametría con Drones”, que permite una mayor precisión a la hora de evaluar fenómenos geodinámicos externos. Desde el punto de vista social, algunos pobladores son muy recelosos con sus propiedades y no te permiten el acceso, impidiendo así la toma de datos.

## 1.8. Marco Referencial

### 1.8.1. Marco Teórico (Antecedentes)

Asociadas al estudio de la carretera Yaurisque-Ranraccasa-Paruro, tramo Ranraccasa-Paruro (Km. 8+900 - 25+900) existen varios estudios, algunos desarrollados propiamente del tramo de carretera y que estudian la zona de estudio a profundidad y otros estudios más genéricos, estudios realizados a mayor escala y que engloban la zona de estudio, de los cuales podemos mencionar:

“Estudio Geológico, Geotécnico del mantenimiento de la carretera Ranraccasa - Paruro (Km. 8+500 - 25+950)”, realizado por los entonces Bachs. Marko Cesar Gonzales Herrera y Jonathan Salas Pacheco, en el año de 2014. En el cual se hace un estudio Geológico y Geotécnico de la carretera desde el centro poblado de Ranraccasa, hacia Paruro. El estudio se enfoca en los estudios necesarios para la ampliación, mejoramiento y posterior mantenimiento de la vía, también hacen un estudio de peligros geodinámicos circundantes a la vía.

“Estudio Geodinámico y Geotécnico de la carretera Cusco-Paruro tramo Yaurisque-Ranraccasa”, realizado por el entonces Bach. Saúl Nieto Gambo, El estudio se enfoca en los estudios necesarios para la ampliación, mejoramiento y posterior mantenimiento de la vía, también menciona los problemas de geodinámica externa en el tramo Yaurisque-Ranraccasa.



Expediente Técnico Modificado el 2014 del “Mejoramiento Carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro”, realizado por el Proyecto Especial Regional PLAN COPESCO, con código SNIP: 146715, en el cual se detallan todas las consideraciones necesarias para la ejecución de dicho proyecto.

“Estudio complementario para el tratamiento de la Falla de Mosocllacta” realizada por el Proyecto Especial Regional PLAN COPESCO, la falla Mosocllacta se encuentra ubicado en la entrada del centro poblado de Paruro, intercepta dos tramos de la carretera Yaurisque - Ranraccasa – Paruro, en los Km. 25+450 al 25+600 y 24+740 al 24+900. El estudio se hizo con la finalidad de conocer mejor el fenómeno geodinámico llamado “Falla Mosocllacta”, sus dimensiones, naturaleza, etc., para proponer medidas de estabilización.

“Estudio Geotécnico para el Análisis de Estabilidad de Taludes y Tratamiento de Taludes del Sector: Ranraccasa” realizado por Ing. Mgt. Fredy Pilco Bejar con la finalidad de identificar y evaluar las condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, hidrológicas, topográficas y geofísicas del Sector Crítico Denominado –Ranracasa, por donde la carretera Yaurisque – Paruro pasa entre el km 08+200 y el km 08+300.

“Zonificación de Peligro Geológico en la Cuenca de Yaurisque - Cusco”, realizado por los entonces Bachilleres Carla Fresia García Rodríguez y Ronal Loayza Quiroga en el año 2016.

“Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”, realizado por J. A. Paz Tenorio, R. González Herrera, M. Gómez Ramírez y J. A. Velasco Herrera.

### **1.8.2. Marco Conceptual**

#### **Geodinámica o geología dinámica**

“Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa)” (Dávila, J., 2011, p. 368).

“Es la ciencia que estudia todos los procesos geológicos provocados por esfuerzos endógenos y exógenos. También se denomina geodinámica. A la geodinámica externa se le denomina geotecnia, cuando se aplican técnicas ingenieriles para controlar los procesos geodinámicos” (Dávila, J., 2011, p. 371).

#### **Procesos Geodinámicos Externos**

“Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diversas características, magnitud y velocidad. Los más frecuentes y extendidos son los movimientos de ladera, que engloban, en general, a los procesos gravitacionales que tienen lugar en las laderas” (Vallejo et al., 2002, p. 622).

#### **Movimientos de ladera**

“Los procesos geológicos y climáticos que afectan a la superficie terrestre crean el relieve y definen la morfología de las laderas, que va modificándose a lo largo del tiempo para adaptarse a nuevas condiciones geológicas o climáticas. Por lo general, las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando de nuevo el equilibrio. En este contexto, los movimientos de ladera pueden entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones” (Vallejo et al., 2002, p. 622).



## **Tipos de movimiento**

“Las clasificaciones de los movimientos de ladera suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, y al mecanismo y tipo de la rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido en agua del terreno y la velocidad y magnitud del movimiento. Algunas de las clasificaciones más extendidas (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; EPOCH, 1993; Dikau et al, 1996), con diversos criterios y fines, son de gran utilidad para abordar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos” (Vallejo et al., 2002, p. 622).

### **Deslizamientos**

“Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes” (Vallejo et al., 2002, p. 623).

#### **Deslizamientos rotacionales**

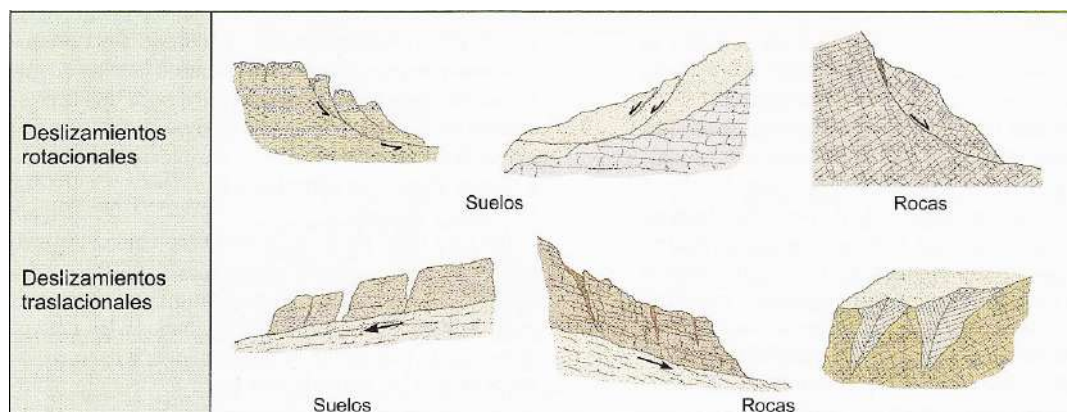
“Los deslizamientos rotacionales son más frecuentes en suelos cohesivos. La rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en “forma de cuchara”. Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a “escalones” con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas” (Vallejo et al., 2002, p. 623).

#### **Deslizamientos traslacionales**

“En los deslizamientos traslacionales la rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad preexistentes (superficie de estratificación, contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural, etc.); en ocasiones, el plano de rotura es una fina capa de material arcilloso entre estratos de mayor competencia. No suelen ser muy profundos, aunque sí muy extensos y alcanzar grandes distancias” (Vallejo et al., 2002, p. 626).

#### **Deslizamiento traslacional con rotura en cuña**

“Corresponde al deslizamiento de un bloque en forma de cuña, formado por dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección. Para que se produzca este tipo de rotura, los dos planos deben aflorar en la superficie del talud, y se deben cumplir iguales condiciones que para la rotura plana. Este tipo de rotura suele presentarse en macizos con varias familias de discontinuidades, cuya orientación, espaciado y continuidad determina la forma y el volumen de la cuña” (Vallejo et al., 2002, p. 442).



**Ilustración 1.1** Tipos de deslizamientos, Tomado de Vallejo et al., 2002.



## Partes de un Deslizamiento

En la Ilustración 1.2 se muestra un deslizamiento típico o desplazamiento en masa. Las partes principales son las siguientes:

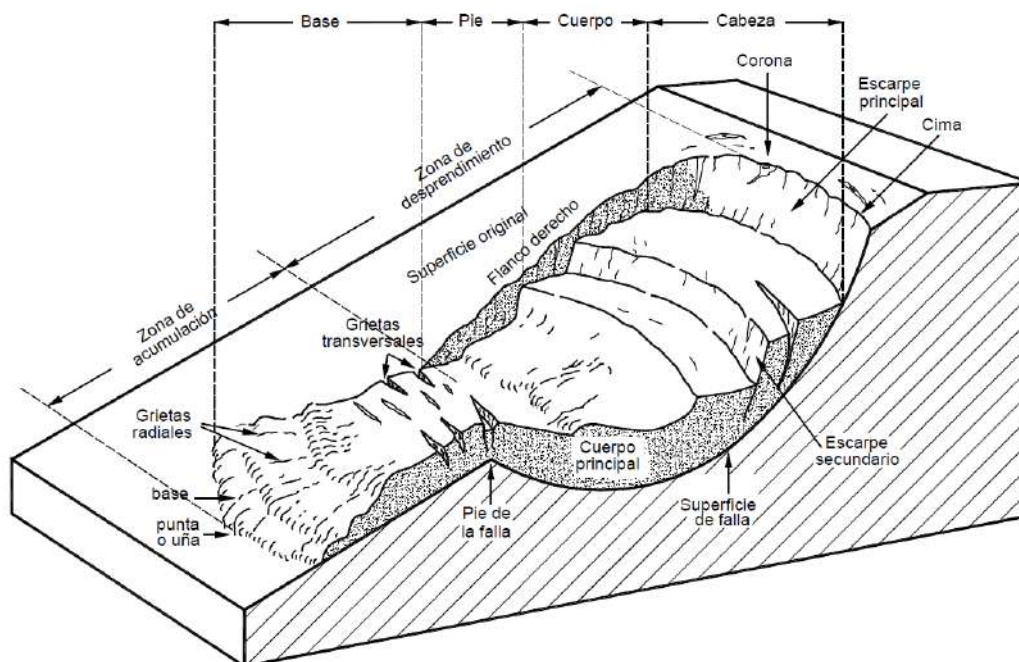


Ilustración 1. 2 Partes que conforman un deslizamiento. Tomado de Suárez J., 2009.

## Geometría de los deslizamientos

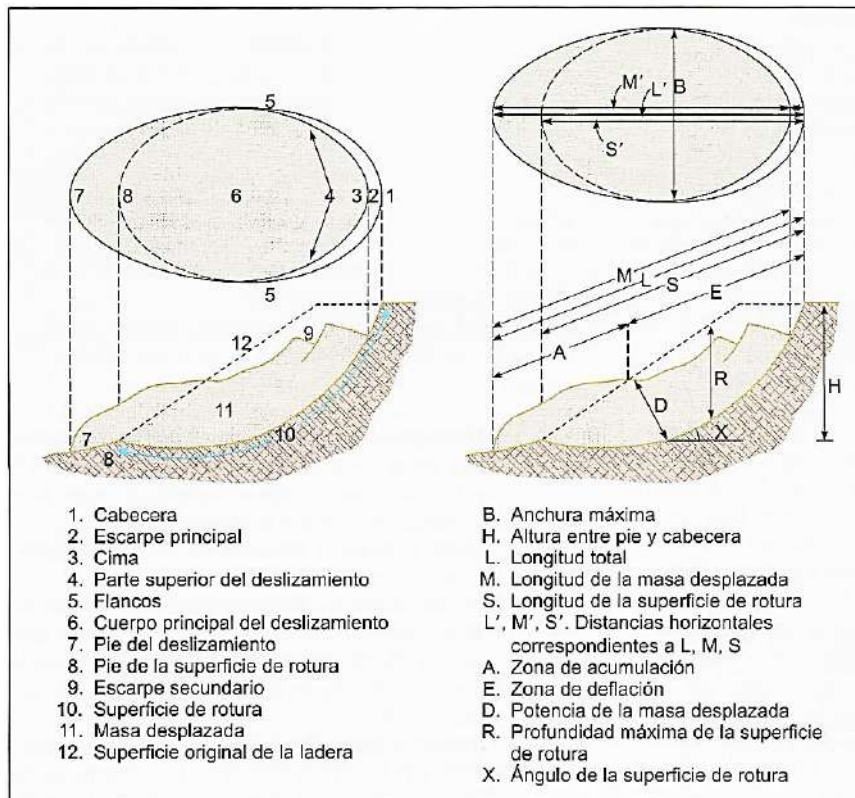


Ilustración 1. 3 Geometría de los deslizamientos rotacionales. Tomado de Vallejo et al., 2002.

## Flujos

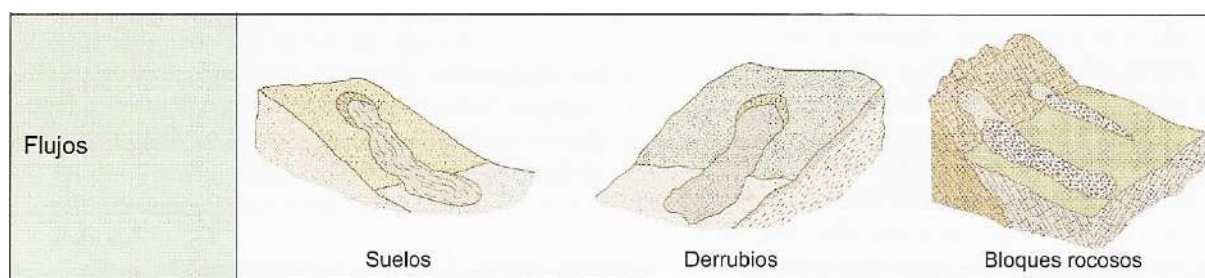
“Los flujos o coladas son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o debris flow) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un “fluido” sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas ... presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes (incluso menores de 10°)” (Vallejo et al., 2002, p. 626).

### Flujo Canalizado

“Tipo de movimiento en masa en el cual el material desplazado se mueve preferencialmente a lo largo de un cauce o canal” (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

### Flujo no Canalizado

“Tipo de movimiento en masa en el cual el material desplazado se mueve preferencialmente a lo largo de una ladera y sin un canal definido” (Proyecto Multinacional Andino, 2007).



**Ilustración 1. 4 Flujos, Tomado de Vallejo et al., 2002.**

### Coladas de barro o tierra (mudflow o earthflow)

“Se dan en materiales predominantemente finos y homogéneos, y su velocidad puede alcanzar varios metros por segundo; la pérdida de resistencia suele estar motivada por la saturación en agua ... Los flujos de barro generalmente presentan pequeñas magnitudes, pero en ocasiones, sobre todo en condiciones de saturación, pueden ser muy extensos y rápidos, teniendo consecuencias catastróficas en caso de alcanzar zonas pobladas” (Vallejo et al., 2002, p. 627).

### Golpes de arena y limo

“En los suelos tipo loess y en arenas secas pueden tener lugar flujos inducidos por movimientos sísmicos, provocados generalmente por colapsos debidos a la rotura de los débiles enlaces entre partículas; si estos materiales se encuentran saturados o sumergidos, se crea una masa sin cohesión que puede fluir con velocidades muy elevadas” (Vallejo et al., 2002, p. 627).

### Flujos de derrubios

“Son movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla. Tienen lugar en laderas cubiertas por material suelto o no consolidado, como es el caso de los depósitos de morrenas glaciares, y especialmente en aquellas donde no existe cobertera vegetal” (Vallejo et al., 2002, p. 627).

### Reptación

“Movimiento superficial (unos decímetros) muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, postes, etc. en las laderas” (Vallejo et al., 2002, p. 627).

## Solifluxión

“Afecta igualmente a la zona más superficial de las laderas, y es un movimiento producido por los procesos hielo-deshielo que, por los cambios de temperatura diarios o estacionales, afecta al agua contenida en los suelos finos en regiones frías” (Vallejo et al., 2002, p. 627).

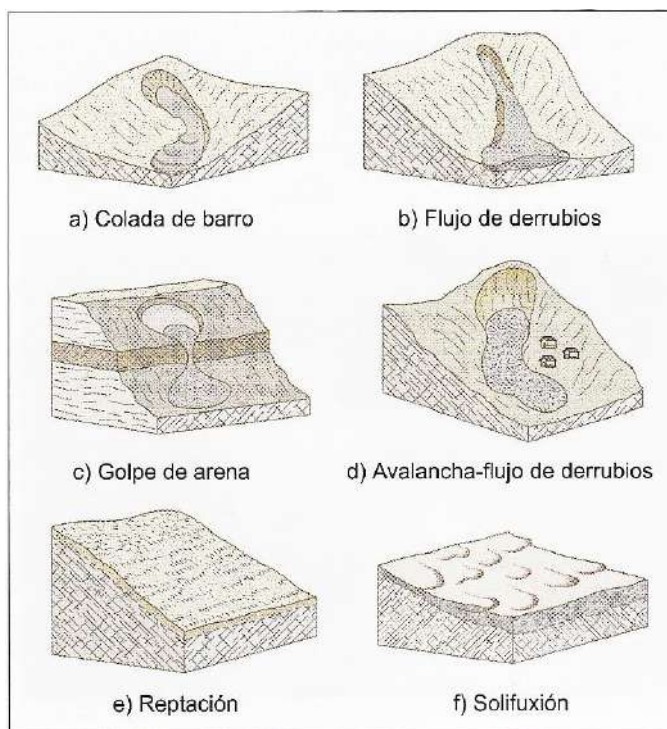


Ilustración 1.5 Tipos de flujos, Tomado de Vallejo et al., 2002.

## Desprendimientos y Vuelcos

“Los desprendimientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades” (Vallejo et al., 2002, p. 628).

“Los vuelcos de estratos o de fragmentos de masas rocosas se pueden incluir dentro de los desprendimientos ... Se producen cuando los estratos buzan en sentido contrario a la ladera, por estar fracturados en bloques o por rotura de la zona de pie de la ladera. Suelen darse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados” (Vallejo et al., 2002, p. 628).

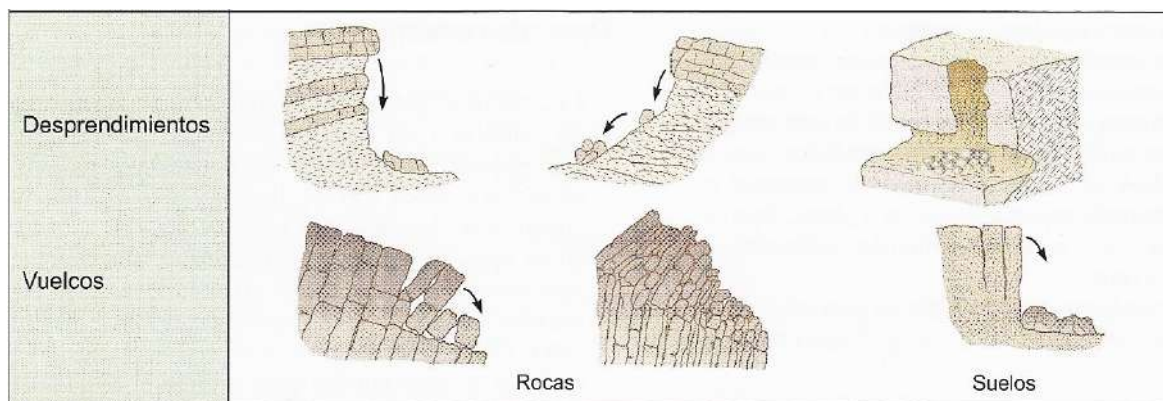
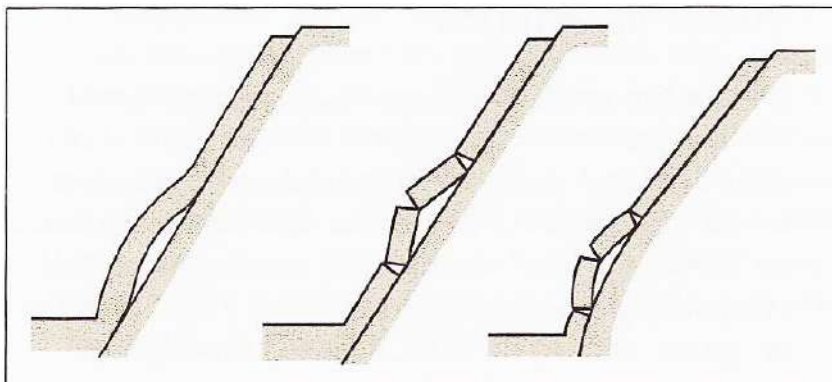


Ilustración 1.6 Desprendimientos y vuelcos, Tomado de Vallejo et al., 2002.



## Pandeo o Flexión

Este tipo de movimiento no está incluido en algunas bibliografías como un tipo de movimiento en masa, ya que se da sobre todo en los cortes de carretera (taludes artificiales), en este trabajo lo incluimos por estar presente en algunos tramos de la carretera. Según Vallejo et al. (2002) Este tipo de rotura se produce cuando los planos de estratificación son paralelos al talud y sus buzamientos son mayores que el ángulo de rozamiento interno. “La rotura puede ocurrir con o sin flexión del estrato; la condición necesaria es que los estratos sean suficientemente esbeltos, en relación con la altura del talud, para poder pandear”.



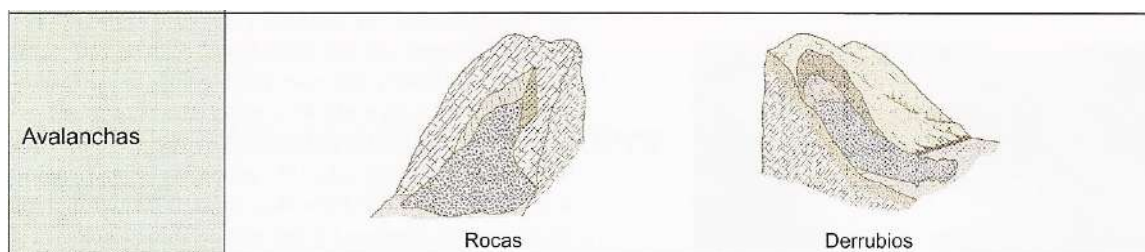
**Ilustración 1. 7** Esquema de pandeo en estratos verticalizados, con flexión y fractura de estratos. Tomado de Vallejo et al. 2002.

## Avalanchas rocosas

“Estos procesos, considerados como desprendimientos o movimientos complejos en algunas clasificaciones, son muy rápidos, con caída de masas de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas y pueden ir acompañadas de hielo y nieve. Las masas rocosas se rompen y pulverizan durante la caída, dando lugar a depósitos con una distribución caótica de bloques, con tamaños muy diversos, sin estructura, prácticamente sin abrasión y con gran porosidad” (Vallejo et al., 2002, p. 629).

## Avalanchas de derrubios

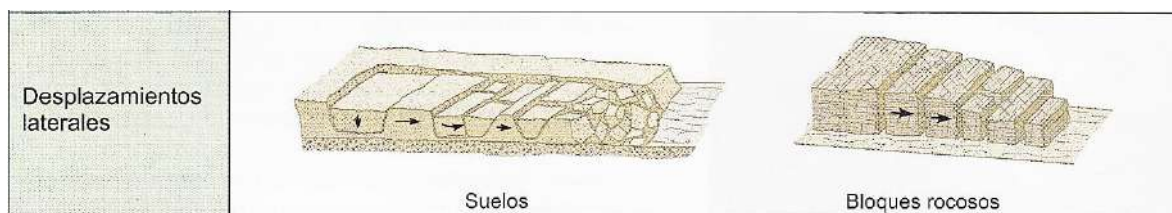
“Están formadas por material rocoso muy heterométrico, pudiendo incluir grandes bloques y abundantes finos; los depósitos morrénicos constituyen un material propenso para estos procesos, así como las acumulaciones de materiales procedentes de erupciones volcánicas. La diferencia con los flujos de derrubios, además de la presencia de agua (no necesaria en las avalanchas), es la rapidez del proceso y velocidad que alcanza la masa en zonas con pendiente elevada” (Vallejo et al., 2002, p. 629).



**Ilustración 1. 8** Avalanchas en rocas y derrubios, Tomado de Vallejo et al., 2002.

## Desplazamientos laterales

“Este tipo de movimiento (denominado en algunas clasificaciones como “extensión lateral” o lateral spreading) hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable. Los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas. Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos” (Vallejo et al., 2002, p. 629).



**Ilustración 1. 9** Desplazamientos laterales en suelo y roca, Tomado de Vallejo et al., 2002.

### **Clasificación de deslizamientos en suelo según parámetros geotécnicos**

El criterio de rotura empleado normalmente para materiales tipo suelo es el de Mohr - Coulomb ( $\tau = c' + (\sigma_n - u) \tan \phi'$ ). En base a este criterio de rotura en suelos Skempton y Hutchinson (1969), han elaborado una clasificación geotécnica de los deslizamientos:

#### **Clasificación según los valores de cohesión efectiva ( $c'$ ) y ángulo de rozamiento interno efectivo ( $\phi'$ )**

- **Deslizamientos nuevos o “primeros”:** Se producen sobre un suelo no deslizado previamente, por tanto, presenta su estructura deposicional. Los parámetros resistentes se sitúan en condiciones de pico.
- **Deslizamientos reactivados o “antiguos”:** La estructura y la fábrica del suelo están muy orientadas por efecto del deslizamiento y en la dirección del movimiento. Los parámetros resistentes se encuentran en valores residuales.

#### **Clasificación en función de la presión intersticial ( $u$ )**

- **Inestabilidades a corto plazo (Sin drenaje):** Sin disipación del exceso de presión de poros; al no permitir el drenaje. Los parámetros utilizados son los correspondientes a las tensiones totales:  $c$  y  $\phi$ .
- **Inestabilidades a medio plazo o intermedio:** Se produce una disipación parcial de la presión intersticial.
- **Inestabilidades a largo plazo (Con drenaje):** Se disipan totalmente el exceso de presión de poros. Por tanto,  $\Delta u = 0$ , por lo que las presiones totales son iguales a las efectivas. Los parámetros utilizados son los correspondientes a las tensiones efectivas:  $c'$  y  $\phi'$ .

### **Complejo**

Según la clasificación de Varnes (1978), un movimiento complejo es aquel que involucra una combinación de uno o más tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento. El “Multilingual Landslide Glossary” (WP/WLI) (1993) introduce este término como un estilo de la actividad. Cruden y Varnes (1996), eliminan el uso de este término como un tipo de movimiento, pero lo emplean para denominar así a un estilo de actividad, limitando su uso a la ocurrencia en secuencia de varios tipos de movimientos. Por ejemplo, el caso de una caída de roca seguida por un flujo de detritos debido a la fragmentación del material durante la caída (Cruden y Varnes, 1996).

### **Compuesto**

Cruden y Varnes (1996) proponen el término para referirse a un estilo de movimiento en masa en el cual diferentes tipos de movimiento ocurren en diferentes áreas de la masa desplazada, en ocasiones simultáneamente.

### **Identificación de los movimientos de ladera**

“Los métodos y técnicas para identificar movimientos de laderas activos o antiguos y para el reconocimiento de zonas inestables consisten, básicamente, en la identificación de rasgos propios de estos



procesos, evidencias de movimientos y otros signos asociados a su aparición, como son” (Vallejo et al., 2002, p. 640):

- Formas erosivas y de acumulación (anomalías en la pendiente de las laderas).
- Depósitos deslizados.
- Grietas y escarpes.
- Daños en construcciones o estructuras, conducciones, obras lineales, etc.
- Tipos y características de la vegetación.
- Modelos de drenaje, zonas encharcadas, surgencias.
- Desvío de cauces, depósitos de masas deslizadas en llanuras de inundación, etc.

### Descripción de los Movimientos de Ladera (Masa).

Según Cruden y Varnes (1996), la descripción general de los movimientos de ladera debe incluir:

- Tipo de movimiento (indicando si es complejo).
- Material.
- Dimensiones.
- Actividad.
- Distribución del movimiento dentro de la masa.
- Velocidad.
- Contenido en agua (seco, húmedo, muy húmedo, saturado).

**Tabla 1. 8** Características para la identificación de movimientos de ladera. Tomado de Vallejo et al., 2002.

Factores característicos para la identificación de movimientos de ladera			
Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de la ladera	Geometría
Desprendimientos	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.	Pendientes elevadas > 50°.
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior. Superficies basculadas con encharcamientos. Contrastes de vegetación. Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces.	Pendientes entre 20-40° D/L < 0,3 a 0,1.
Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en cabecera. Drenaje desordenado o ausencia del mismo.	Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material con forma de lóbulos.	Pendientes uniformes D/L < 0,1.
Desplazamientos laterales	Bloques desplazados y basculados en varias direcciones. Pendientes suaves o muy suaves. Grandes grietas separando los bloques. Bloques con formas irregulares controladas por fracturas. Sistemas de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces, valles asimétricos.	—	Pendientes suaves, incluso < 10°.
Flujos de barro	Nichos cóncavos poco profundos. Pocas grietas. Contrastes en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje.	Lóbulos. Morfología irregular ondulada.	Pendientes 15-25° D/L = 0,05-0,01.
Flujos de tierra y derrubios	Concavidades y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada.	Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular.	Pendientes > 25° D/L muy pequeño.

D/L = profundidad/longitud de la masa desplazada. Datos de Soeters y Van Westen, 1996, y otros autores.

## Actividad de los Movimientos de Masa

“La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe aquello que se sabe con respecto a la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe grosso modo las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera cómo los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total” (WP/WLI, 1993).

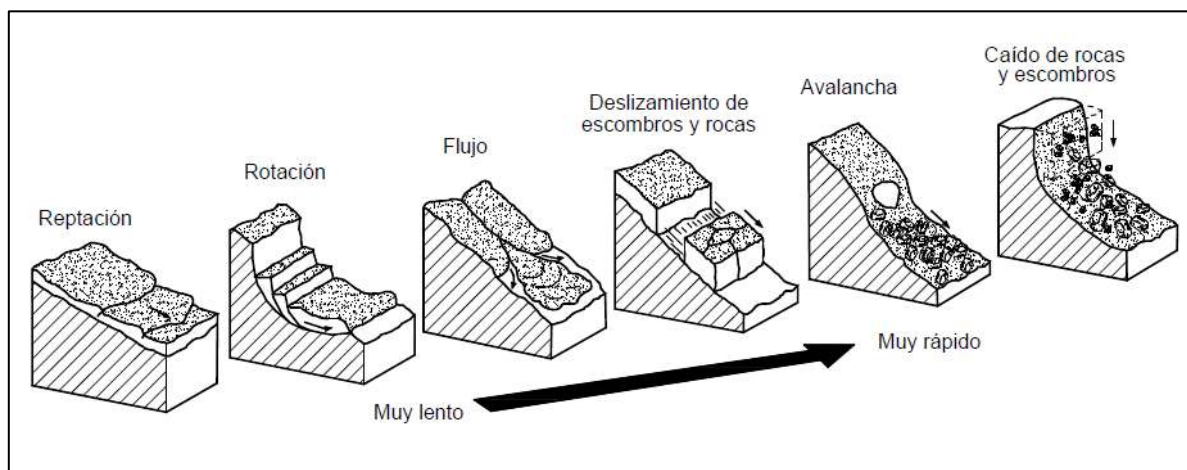
## Contenido de Agua

“Un aspecto importante es el contenido de agua del terreno, que ayuda además a la clasificación del movimiento” (Vallejo et al., 2002 p. 644), Suarez J. (2009) propone cuatro clasificaciones para definir las condiciones de humedad:

- **Seco:** No contiene humedad “visible”.
- **Húmedo:** Contiene algo de agua, pero no posee agua (corriente) libre y puede comportarse como un sólido plástico, pero no como un líquido.
- **Mojado:** Contiene suficiente agua para comportarse en parte, como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material.
- **Muy mojado:** Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.

**Tabla 1.9** Actividad de los movimientos de Masa. Tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007.

ACTIVIDAD	MODIFICADOR	DESCRIPCIÓN
Activo	En movimiento	El movimiento en masa se está moviendo actualmente
	Suspendido	El movimiento en masa se ha movido en el último ciclo estacional
Reactivado	En movimiento	El movimiento en masa está activo, pero ha sido inactivo o estabilizado anteriormente.
Latente	Desestabilizado	El movimiento en masa no se ha movido por más de un año, pero su efecto sobre la vegetación es evidente y la causa de la inestabilidad aún está presente.
Inactivo	Estabilizado o Abandonado	Como el anterior, pero la causa de inestabilidad no está presente, o el talud ha sido estabilizado.
Relicto	Ninguno	La vegetación sobre el talud parece no estar afectado por el movimiento del talud. Los deslizamientos podrían haber ocurrido hace cientos o miles de años.



**Ilustración 1.10** Velocidad de acuerdo al tipo de movimiento. Tomado de Suarez J., 2009.





**Tabla 1. 10** *Escala de velocidad de los movimientos de ladera. Adaptado de Cruden y Varnes, 1996 como se citó en Suarez J., 2009.*

Clase	Descripción	Velocidad (mm/s.f.)	Desplazamiento	Poder Destructor
7	Extremadamente rápida	$5 \times 10^3$	5 m/seg.	Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes, escape improbable.
6	Muy rápida	$5 \times 10^1$	3 m/min	Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
5	Rápida	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/hora	Escape posible; estructuras, propiedades y equipos destruidos.
4	Moderada	$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes	Algunas estructuras temporales y poco sensitivas pueden mantenerse temporalmente.
3	Lenta	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/año	Construcciones remediales se pueden realizar durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente.
2	Muy lenta	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/año	Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
1	Extremadamente lenta			Movimientos imperceptibles sin instrumentos; posible construcción pero teniendo ciertas precauciones.

### Factores que influyen en los movimientos de laderas

“Los factores que controlan los movimientos de las laderas son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno ... Los factores condicionantes (o “pasivos”) dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los desencadenantes (o “activos”) pueden ser considerados como factores externos que provocan o desencadenan las inestabilidades y son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos” (Vallejo et al., 2002, p. 629).

### Factores Condicionantes

“Dentro de los factores condicionantes, las propiedades físicas y resistentes de los materiales (directamente relacionadas con la litología) y las características morfológicas y geométricas de la ladera son fundamentales para la predisposición a la inestabilidad; otros factores importantes son la estructura geológica y discontinuidades, las condiciones hidrogeológicas y los estados tenso-deformacionales” (Vallejo et al., 2002, p. 630).



**Tabla 1. 11** Factores condicionantes y desencadenantes, influencias y efectos. Tomado de Vallejo et al., 2002.

Influencia de los diferentes factores en las condiciones de los materiales y de las laderas		
Factores		Influencias y efectos
Condicionantes	Relieve (pendientes, geometría)	Distribución del peso del terreno.
	Litología (composición, textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisótropo. Zonas de debilidad.
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales.
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
Desencadenantes	Precipitaciones y aportes de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno.
	Cambio en las condiciones hidrológicas	Saturación en suelos. Erosión.
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales.
	Cambios morfológicos y de geometría en las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado tensional.
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera.
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes.

### Relieve y geometría

“El relieve juega un papel definitivo, ya que es necesaria cierta pendiente para que se produzcan los movimientos gravitacionales. Las regiones montañosas son las zonas más propensas a los movimientos de ladera. No obstante, en ocasiones, y dependiendo de otros factores, es suficiente una pendiente muy baja, de algunos grados, para que tengan lugar determinados tipos de inestabilidades, como los flujos de barro o tierra” (Vallejo et al., 2002, p. 630).

### La estructura geológica, estratigrafía y litología

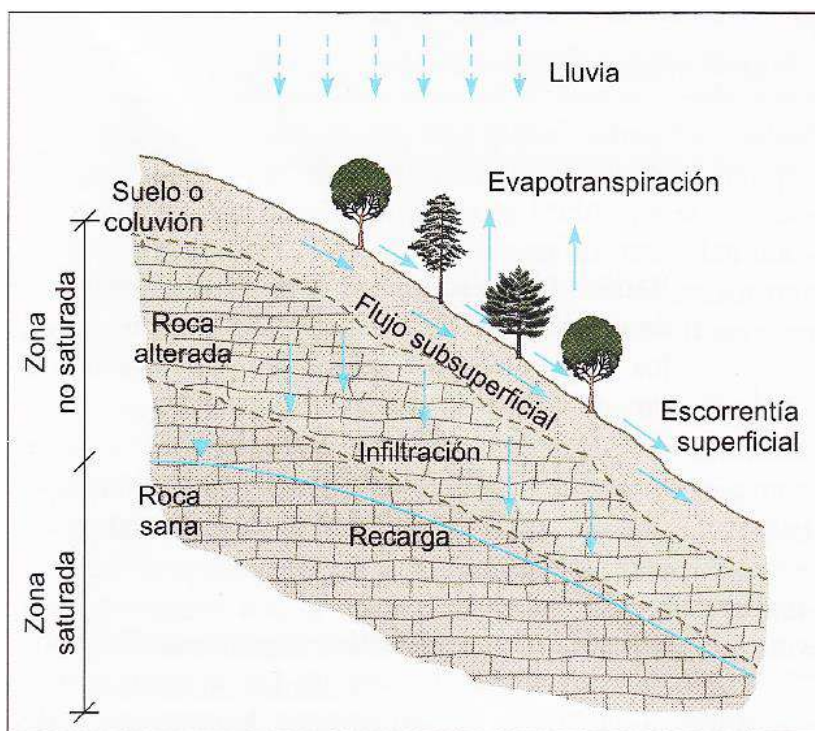
Determinan la potencialidad de movimientos en los diferentes tipos de materiales rocosos y suelos, y la existencia de planos de discontinuidad que pueden actuar como superficies de rotura. Aspectos como la composición, resistencia, deformabilidad, grado de alteración y fracturación, porosidad y permeabilidad determinan la posibilidad del terreno de sufrir roturas y desplazamientos bajo la actuación de determinados factores desencadenantes (Vallejo et al., 2002, p. 631)

### Condiciones hidrogeológicas

“El comportamiento hidrogeológico de los materiales está asociado a sus características litológicas y estructurales y al grado de alteración y meteorización, aspectos en íntima relación con las condiciones climáticas de una zona determinada. En regiones lluviosas es frecuente la presencia de importantes

espesores de materiales alterados y meteorizados sobre los sustratos rocosos, y de niveles freáticos elevados que influyen decisivamente en las condiciones de estabilidad” (Vallejo et al., 2002, p. 631).

“El agua juega un doble papel negativo en la resistencia de los materiales: reduce la resistencia al corte por la generación de presiones intersticiales y por la reducción de los parámetros resistentes en determinados tipos de suelos, aumenta los esfuerzos de corte por el incremento del peso del terreno y por la generación de fuerzas desestabilizadoras en grietas y discontinuidades” (Vallejo et al., 2002, p. 631).



**Ilustración 1. 11** *Circulación del agua en una ladera. Tomado de Vallejo et al., 2002.*

### **Propiedades resistentes o geomecánicas**

“Las propiedades resistentes o geomecánicas controlan la resistencia al corte de los materiales y su rotura. Los suelos, por su carácter homogéneo e isótropo, presentan menor complejidad en su caracterización, mientras que, en los macizos rocosos, que pueden tener muy diferente grado de fracturación, serán las propiedades de la matriz, de las discontinuidades o del macizo rocoso en su conjunto, las que determinen la resistencia y el comportamiento” (Vallejo et al., 2002, p. 632).

### **Factores desencadenantes**

“Con respecto a los factores desencadenantes, los más importantes son las precipitaciones, los cambios en las condiciones hidrogeológicas de las laderas, la modificación de la geometría, la erosión y los terremotos; algunos de ellos, como los cambios de las condiciones de agua y de geometría, frecuentemente son consecuencia de acciones antrópicas” (Vallejo et al., 2002, p. 632).

### **Precipitaciones y condiciones climáticas**

“El desencadenamiento de los movimientos de ladera por causas meteorológicas y climáticas está relacionado fundamentalmente con el volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones y con el régimen climático. En consecuencia, debe considerarse la respuesta del terreno a precipitaciones intensas durante horas (tormentas) o días, y la respuesta estacional (épocas secas y lluviosas a lo largo del año) o plurianual (ciclos húmedos y de sequía)” (Vallejo et al., 2002, p. 632).



“Las precipitaciones intensas durante horas o días pueden desencadenar movimientos superficiales, como deslizamientos y flujos de barro o derrubios, que afectan a materiales de alteración y a suelos, y desprendimientos de bloques rocosos previamente independizados del macizo, siendo frecuentes también las reactivaciones de antiguos deslizamientos” (Vallejo et al., 2002, p. 632).

“El desencadenamiento de nuevos deslizamientos profundos o de gran magnitud no está relacionado con fenómenos meteorológicos estacionales, sino que obedece a condiciones climáticas a largo plazo, con regímenes de precipitación y condiciones de humedad suficientes para modificar de forma sustancial los niveles freáticos y el contenido en agua del terreno” (Vallejo et al., 2002, p. 635).

### **Procesos erosivos**

“La erosión o socavación del pie de las laderas, escarpes y acantilados, por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia en esta zona y a la modificación del estado tensional, lo que unido a la falta de apoyo del material suprayacente puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos” (Vallejo et al., 2002, p. 636).

### **Terremotos**

“Los terremotos pueden provocar movimientos de todo tipo en las laderas, dependiendo de las características de los materiales, de la magnitud y de la distancia al epicentro ... Antiguos deslizamientos en condiciones cercanas al equilibrio límite pueden también ser reactivados por las fuerzas sísmicas. Además, en materiales finos y sueltos, como arenas y limos, pueden producirse procesos de licuefacción” (Vallejo et al., 2002, p. 636).

### **Vulcanismo**

“Las erupciones volcánicas pueden provocar deslizamientos o avalanchas rocosas y de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos de los volcanes ... Dependiendo de las características geotécnicas, de la pendiente y del contenido en agua de los materiales, éstos pueden fluir alcanzando grandes distancias” (Vallejo et al., 2002, p. 637).

### **La Cobertura Vegetal**

“La vegetación cumple efectos protectores importantes, en la mayoría de los taludes protege contra la erosión y afecta los procesos de evapotranspiración y de infiltración de agua. Las condiciones hidrológicas de un talud son afectadas directamente por la vegetación. La vegetación también cumple un efecto de estabilización por el refuerzo del suelo (la acción de las raíces) y por la producción de materia orgánica, la cual puede ayudar a cementar las partículas del suelo. En general, todo el proceso ecológico (flora, fauna, microfauna, uso del suelo, etc.) debe considerarse como un modelo conceptual por su influencia sobre el comportamiento del talud” (Suárez, J., 2009, p. 43).

### **Acciones antrópicas**

“Las actuaciones humanas ocupan un lugar importante dentro de los factores que modifican las condiciones y fuerzas que actúan sobre las laderas. Las excavaciones, la construcción de presas y embalses, las sobrecargas de edificios, estructuras, terraplenes, rellenos o escombreras sobre las laderas y las voladuras en zonas cercanas, entre otros, modifican los estados tenso deformacionales del terreno y sus propiedades geotécnicas, generando inestabilidades” (Vallejo et al., 2002, p. 638).

### **Riesgos Geológicos**

“Riesgos geológicos son procesos naturales que puedan constituir actos perjudiciales para la actividad humana... Los riesgos geológicos se pueden clasificar según su origen en los derivados de procesos



geodinámicos internos, tales como terremotos o actividad volcánica y los derivados de procesos geodinámicos externos, tales como deslizamientos y desprendimientos, hundimientos etc. Cada tipo de riesgo se caracteriza por su ubicación, intensidad y frecuencia.” (Ingeoexpert, 2019, p. 3).

**Tabla 1. 12** *Procesos geológicos y meteorológicos que pueden causar riesgo. Tomado de Vallejo et al., 2002.*

Procesos geológicos y meteorológicos que pueden causar riesgos	
Procesos geodinámicos externos	— Deslizamientos y desprendimientos. — Hundimientos y subsidencias. — Erosión. — Expansividad y colapsabilidad de suelos.
Procesos geodinámicos internos	— Terremotos y tsunamis. — Vulcanismo. — Diapirismo.
Procesos meteorológicos	— Lluvias torrenciales y precipitaciones intensas. — Inundaciones y avenidas. — Procesos de arroyada. — Huracanes. — Tornados.

“Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir riesgos geológicos al afectar, de una forma directa o indirecta, a las actividades humanas” (Vallejo et al., 2002, p. 608).

“El concepto de riesgo, R, (risk) incorpora consideraciones socio-económicas y se define como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras. etc.)” (Vallejo et al., 2002, p. 610).

### Evaluación del Riesgo Geológico

La evaluación del riesgo geológico resulta compleja, por ser compleja la evaluación de los términos que lo definen. El riesgo se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias) ... El riesgo está referido, como la peligrosidad, a un periodo de tiempo determinado, y se puede evaluar de forma determinista o probabilista (Vallejo et al., 2002, p. 610).

El riesgo puede calcularse a partir de la expresión:

$$R = P \times V \times C$$

Dónde:

- P es la peligrosidad del proceso
- V es la vulnerabilidad de los elementos expuesto a la acción del proceso
- C es el valor o costo de los elementos expuesto

### Peligro Geológico

“La peligrosidad, P, hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica” (Varnes, 1984; Barbat, 1998). Para su evaluación es necesario conocer (Vallejo et al., 2002, p. 609):

- Dónde y cuándo ocurrieron los procesos en el pasado.
- La intensidad y magnitud que tuvieron.
- Las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros.
- La frecuencia de ocurrencia.

### Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, V, es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0 % y 100% de daños (Vallejo et al., 2002, p. 611).

**Tabla 1. 13** Elementos para evaluar la vulnerabilidad. Tomado de Vallejo et al. 2002.

Elementos a considerar para la evaluación de la vulnerabilidad		
Vulnerabilidad	Daños o pérdidas	
Social	<ul style="list-style-type: none"><li>– Muertos y desaparecidos.</li><li>– Heridos y discapacitados.</li><li>– Personas sin hogar.</li><li>– Personas sin trabajo.</li><li>– Epidemias y enfermedades.</li></ul>	<p>La vulnerabilidad social depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– La intensidad y velocidad del fenómeno.</li><li>– La densidad de población.</li><li>– La vulnerabilidad estructural.</li><li>– El tiempo de aviso.</li><li>– Los sistemas de emergencia y respuesta.</li></ul>
Estructural	<ul style="list-style-type: none"><li>– Daños sobre edificios y estructuras.</li><li>– Daños sobre el contenido de los mismos.</li><li>– Pérdida de beneficios.</li><li>– Efectos sobre las personas.</li></ul>	<p>La vulnerabilidad estructural depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– La intensidad y velocidad del fenómeno.</li><li>– El tipo y características de las construcciones.</li><li>– La concentración en áreas de población.</li></ul>
Económica	<p>Daños directos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Costes de reposición, reparación o mantenimiento de estructuras, instalaciones o propiedades, sistemas de comunicación, electricidad, etc.</li></ul> <p>Daños indirectos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Reducción del valor de los bienes.</li><li>– Interrupción de los sistemas de transporte.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Pérdidas de productividad de suelo agrícola o industrial.</li><li>– Pérdida de ingresos por impuestos.</li><li>– Pérdidas en la productividad humana.</li><li>– Pérdidas en beneficios comerciales.</li><li>– Pérdidas en la recaudación de impuestos.</li><li>– Costes de medidas preventivas o de mitigación.</li><li>– Pérdida de calidad del agua y contaminación.</li></ul>

### Vulnerabilidad social

“La vulnerabilidad social depende de la densidad de población, condiciones de los edificios y estructuras, sistemas de aviso y alerta y planes de emergencia y evacuación” (Vallejo et al., 2002, p. 611).

### Elementos expuestos

“Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona” (Vallejo et al., 2002, p. 611).

“El coste o valor de los mismos puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de los daños causados, valor asegurado, etc.; también se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc.” (Vallejo et al., 2002, p. 611).

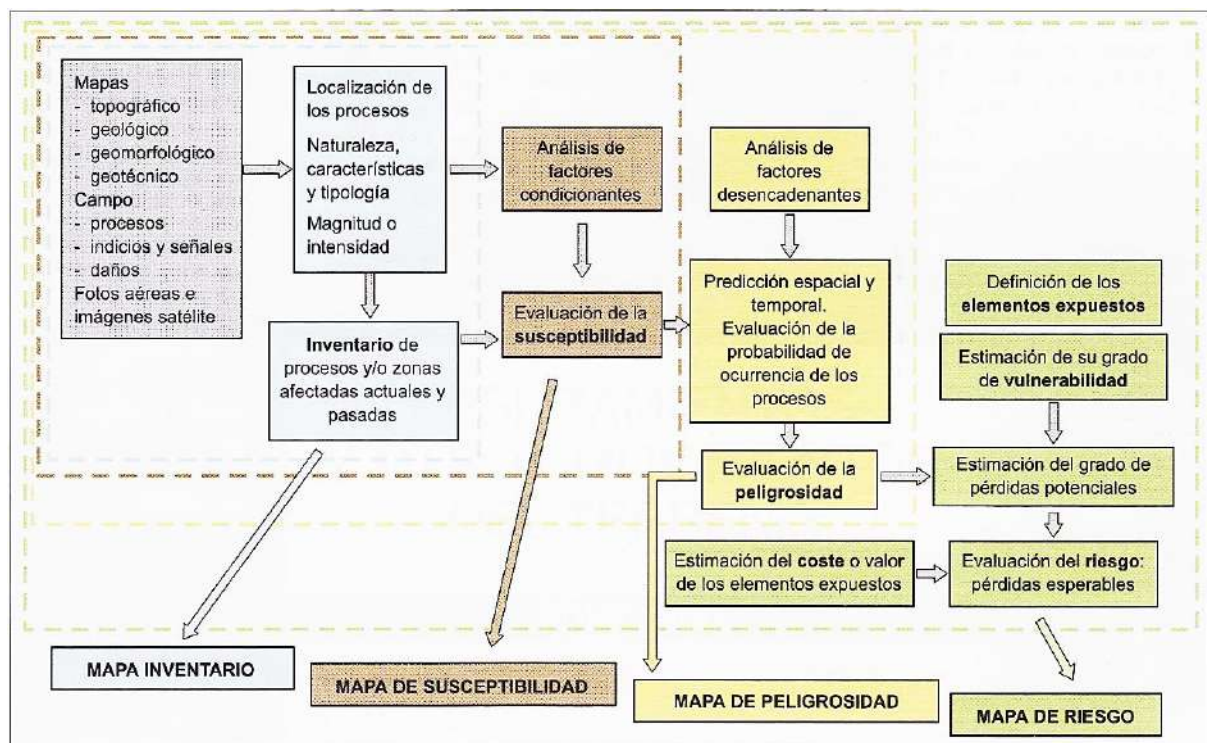
### Mapas de peligrosidad y de riesgo

“Los mapas constituyen el método más efectivo de presentar la información referente a la peligrosidad y riesgo de una zona o región” (Vallejo et al., 2002, p. 616).



**Tabla 1. 14 Tipos de mapas y su contenido. Tomado de Vallejo et al., 2002.**

Tipos de mapas de peligrosidad y su contenido		
Tipo de mapa	Contenido	Metodología
Inventario	Localización y distribución espacial de los procesos actuales y pasados y/o de las zonas afectadas. Características de los procesos (tipo, magnitud, velocidad, intensidad, etc.).	Recopilación de datos (documentos, mapas, foto aérea, campo). Estudio de la tipología y características de los procesos.
Susceptibilidad	Zonas con diferente grado de susceptibilidad frente a la ocurrencia de un tipo de proceso.	Análisis del proceso. Análisis de los factores condicionantes. Superposición de factores.
Peligrosidad	Zonas con diferente grado de peligrosidad.	Análisis de los factores desencadenantes. Predicción espacial y temporal de la ocurrencia de los procesos.
Vulnerabilidad	Localización espacial de los elementos o zonas con diferente grado de vulnerabilidad.	Identificación de los elementos expuestos. Evaluación de su vulnerabilidad.
Riesgo	Zonificación del territorio en base al riesgo o grado de riesgo.	Evaluación de pérdidas debidas a un proceso determinado.
Multirriesgo	Zonificación en base al riesgo o grado de riesgo.	Evaluación global de pérdidas causadas por diferentes procesos.



**Ilustración 1. 12 Esquema de la metodología para realización de los mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo (modificado de Ferrer, 1991. Como se citó en Vallejo et al., 2002).**

### Prevención de los riesgos geológicos

“La prevención de los riesgos geológicos consiste en prever o conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno, en tiempo y lugar (o al menos en lugar), con el fin de: evitar el proceso, controlar dicho proceso y avisar, para prepararse o protegerse de él” (Vallejo et al., 2002, p. 615).

### Mitigación de los riesgos geológicos

“La mitigación consiste en moderar o disminuir las pérdidas y daños mediante el control del proceso (en los casos en que sea posible) y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad” (Vallejo et al., 2002, p. 615).



## **1.9. Metodología de la Investigación**

### **1.9.1. Métodos que se emplearon en la Investigación:**

- **Descriptiva:** Utilizando imágenes satelitales y con visitas al campo, vamos a describir los diferentes fenómenos geodinámicos, y los diferentes componentes geológicos de la zona de estudio.
- **Analítica:** Vamos a analizar cada fenómeno geodinámico y/o peligro geológico, así como los taludes intentando descubrir sus partes y cómo influyen en el desarrollo de los mismos.
- **Deductiva:** Partiendo del marco conceptual, que son conceptos genéricos, vamos a llegar a la identificación de los fenómenos geodinámicos, geológicos, etc. propios de nuestra zona de estudio.

### **1.9.2. Procedimiento.**

Se han agrupado las actividades en 2 etapas de campo y 3 etapas de gabinete y 1 de laboratorio, en total 6 etapas, los cuales se detallan a continuación:

#### **ETAPA 1: Trabajo en Gabinete 1**

- Recopilación de información bibliográfica
- Revisión de antecedentes de la zona de estudio.
- Elaboración de mapas de pre campo.
- Elaboración del mapa de ubicación y accesibilidad.

#### **ETAPA 2: Trabajo de Campo 1**

- Mapeo geodinámico.
- Mapeo geológico.
- Levantamiento de perfil estratigráfico a detalle.
- Identificación de zonas críticas.
- Mapeo estructural.
- Identificación de los centros poblados adyacentes a la carretera.

#### **ETAPA 3: Trabajo de Gabinete 2**

- Análisis petrológico de las muestras recolectadas
- Análisis estructural mediante el software DIPS
- Trabajo de generación de mapa geológico local.
- Mapeo geomorfológico en imágenes satelitales.
- Elaboración de un mapa geomorfológico preliminar.
- Elaboración del Mapa Hidrológico preliminar según las imágenes satelitales.

#### **ETAPA 4: Trabajo de Campo 2**

- Corrección de nuestro mapa geomorfológico en campo.
- Actualización de nuestro mapa hidrológico en campo.
- Realización de calicatas para el estudio de suelos de los deslizamientos.
- Caracterización Geomecánica de los macizos rocosos.

#### **ETAPA 5: Trabajo de Laboratorio**

- Envío de muestras de suelos y rocas a laboratorios especializados
- Análisis de resultados de laboratorio e interpretación

#### **ETAPA 6: Trabajo de Gabinete**

- Elaboración del mapa geomorfológico y de pendientes final.



- Elaboración del mapa hidrológico final.
- Elaboración del mapa climático y de precipitaciones final.
- Elaboración del mapa de inventario de peligros final.
- Elaboración del mapa de susceptibilidad al peligro final.
- Análisis de la estabilidad de los taludes y/o deslizamientos mediante el software SLIDE.
- Redacción del informe final de tesis.

### 1.10. Clima

El clima presente en el departamento del Cusco es muy diverso y es influenciado a nivel macroclimático por grandes masas de aire, que provienen de la selva sur oriental y del altiplano. Las masas de aire que vienen de la selva sur están cargadas de humedad y están impulsadas por los vientos alisios del oriente. Las masas de aire que vienen del Altiplano son frías y secas e ingresan por la zona sur oriental. Otro factor que determina los climas en el departamento del Cusco es su geomorfología que origina condiciones mesoclimáticas y microclimáticas (ZEE Cusco, 2005).

El SENAMHI (1988) basado en la clasificación climática de Thornthwaite (1931), ha determinado 22 tipos climáticos (ZEE Cusco, 2005), nuestra zona de estudio se encuentra en el tipo climático “Semiseco semifrío con invierno seco” cuya simbología es “C(i)B'3” y que se caracteriza por “presentar una precipitación anual de 500 a 1 000 mm y una temperatura media anual de 12 a 14 °C., siendo los meses con mayor intensidad de precipitaciones pluviales de Diciembre a Marzo y un periodo seco entre los meses de Mayo a Julio... Este tipo climático se halla ubicado desde los 3 000 a 3 600 m.s.m.m.” (ZEE Cusco, 2005).



**Foto 1. 1** Localidad de Paruro, capital de la Provincia de Paruro. Fuente Propia.

### 1.11. Flora y Fauna

La flora y fauna de la zona de estudio es concorde con el tipo de clima que se describió en el párrafo anterior. A lo largo del tramo de carretera se pudo observar algunas especies como:

#### **Diente de León (Taraxacum)**

El “Diente de León”, científicamente conocido como “Taraxacum”, es una planta pequeña de unos 30 cm de altura, es utilizado por los pobladores de la zona por sus propiedades medicinales y alimenticias. El Diente de León es rico en potasio ayuda a la digestión, a tratar problemas del hígado, riñón y también es utilizado para enfermedades en la piel, “Contiene alcaloides, tanino, aceite esencial, sales minerales, clorofila, inulina, tanino, glucósidos. vitamina “A”, vitamina “B” y “C”. Colina, proteínas, saponinas, inosita, esparraguina, tirosinasa, potasio, azúcar reducido entre otros. Se trata de una planta de composición compleja” (Renobales y Sallés, 2001).



**Foto 1. 2** Diente de León (*Taraxacum*), progresiva 11+580. Fuente propia.

### **Pirca (Bidens)**

Bidens, nombre científico de una pequeña flor amarilla conocida popularmente como “amor seco” o “pirca”, es una planta herbácea, ramificada, con olor característico, crece hasta una altura de 50 cm, sus tallos son tetragonales y sus hojas compuestas, sus pétalos tiene forma de rayos. Es utilizado con fines medicinales, el extracto hecho con esta planta tiene propiedades antiinflamatorias, ayuda al tratamiento reumático, asma y conjuntivitis (Revista Fitos, Rio de Janeiro, Vol. 8(1): 1-72, Jan-Mar 2013).



**Foto 1. 3** Pirca (*Bidens*), progresiva 15+320. Fuente propia.

### **Tarwi (Lupino Andino)**

Son plantas que crecen durante todo el año, sus hojas presentan una forma digitada, generalmente está compuesto por ocho o doce folíolos, que varían entre ovalados o lanceolados, el color varía de amarillo, verde o morado. Es utilizado para el consumo alimenticio de la población, presenta nutrientes proteínicos, ácidos grasos benéficos, la fibra de esta leguminosa es comparable al de la soja (Gladstones, 1980).



**Foto 1. 4** Tarwi (*Lupino Andino*), progresiva 16+850. Fuente propia.

### **Astragalus garbancillo Cav**

El *Astragalus garbancillo* Cav., o simplemente “garbancillo”, es una leguminosa silvestre, crece en las zonas alto andinas entre los 2700 a 4500 msnm. es una hierba perenne erecta, fruticosa, villosa-pubescente a glabrescente. Sus hojas son imparipinadas, de 8 cm de largo cortamente pecioladas, con 9-16 pares de folíolos ovado-oblongos, presenta flores blancas, con una tonalidad ligera de color azul lila en la parte basal de los pétalos. Son hermafroditas y son polinizadas por abejas, lepidópteros o mariposas. Es una planta tóxica, causa pérdidas económicas a los ganadores locales ya que provoca la mortalidad del ganado equino, ovino y vacuno (Roque et al., 2015).



**Foto 1. 5** *Astragalus garbancillo* Cav., progresiva 17+750. Fuente propia.

### **Setas (Agaricus Bisporus)**

Las setas, cuyo nombre científico es “*Agaricus Bisporus*” es conocido en otros países como “Champiñón”. Son hongos con un alto contenido alimenticio son fuente de vitaminas, proteínas y minerales. Las calorías que aportan son bajas, por tal motivo son considerados como un alimento dietético (Freundt, 2003).



**Foto 1. 6** *Setas (Agaricus Bisporus)*, progresiva 18+150. Fuente propia.



## **CAPÍTULO II**

# **GEOMORFOLOGÍA**



## 2.1. Generalidades

El relieve del territorio peruano ha sufrido muchas modificaciones a lo largo del tiempo geológico, actualmente se aprecian montañas que superan los 6 000 m.s.n.m. con valles profundos que pueden llegar a profundidades cercanas a los 0 m.s.n.m. Las playas costeras se vayan con las aguas del Océano Pacífico, hacia el este se puede observar una sábana verde de vegetación que llega hasta el Océano Atlántico. Esta diversidad de relieves se debe sobre todo a la ubicación geográfica del territorio peruano, próximo a la subducción de la placa tectónica de Nazca debajo de la placa de Suramérica. El departamento de Cusco no es ajeno a esta diversidad topográfica. Carlotto et al. (2011) distingue cuatro unidades geomorfológicas o morfoestructurales, además, estas unidades geomorfológicas se subdividen en unidades locales, las cuales vamos a describir a continuación.

## 2.2. Marco Geomorfológico Regional

Como ya se indicó Carlotto et al. (2011) divide el cuadrángulo de Cusco en cuatro unidades geomorfológicas: Cordillera Oriental, Zona Intermedia “Altiplano-Cordillera Oriental”, Altiplano y Borde NE de la Cordillera Occidental.

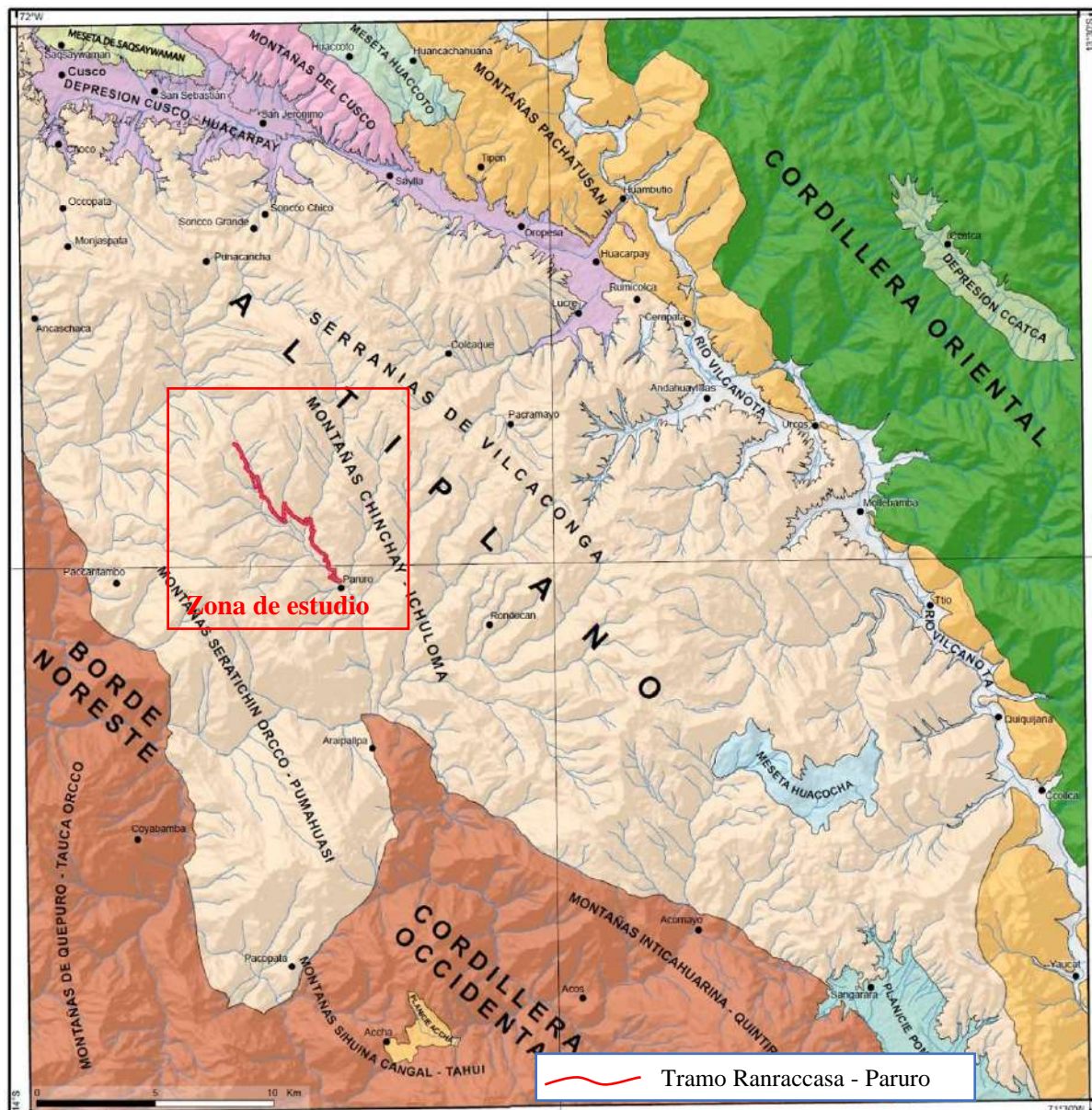


Ilustración 2. 1 Unidades geomorfológicas locales del cuadrángulo del Cusco, Tomado de Carlotto et al. (2011).



### **2.2.1. Cordillera Oriental**

(Carlotto et al., 2011)

Esta unidad morfoestructural se encuentra ubicado al noreste del cuadrángulo de Cusco, presenta relieves ondulados, cuyas alturas son muy variables (entre 4000 y 4500 m.s.n.m.). Las laderas que se encuentran en el flanco norte del río Vilcanota se hallan accidentadas, con presencia de quebradas transversales. Sobresalen los cerros de Quimsa Cruz con una altura de 4238 m.s.n.m. (al norte), el de Acopia Grande con 4491 m.s.n.m. (al sur) y la depresión de Ccatca ubicada entre los 3800 y 3600 m.s.n.m. (al centro).

Litológicamente, esta unidad morfoestructural, se caracteriza por la presencia de rocas paleozoicas como las pizarras de la Formación Ananea de edad Siluro-Devónico, cuarcitas y diamictitas de la Formación Ccatca de edad Devónico terminal, también hay presencia de cuerpos intrusivos que indican sistemas de fallas.

Tectónicamente, la zona, se caracteriza por la presencia de fallas inversas y cabalgamientos) asociados a pliegues que causan la repetición de las formaciones paleozoicas (Carlotto et al., 2011).

### **2.2.2. Zona Intermedia Altiplano-Cordillera Oriental**

(Carlotto et al., 2011)

Esta unidad morfoestructural es una franja alargada, se encuentra ubicada paralela a la Cordillera Oriental con dirección NO-SE. Como su nombre lo indica, es la transición de la Cordillera Oriental al Altiplano, se encuentra controlado por el sistema de fallas regionales Urcos-Sicuani-Ayaviri (Carlotto, 1998, 2006b; Carlotto et al., 2011). Esta unidad está representada por la meseta de Huaccoto, las montañas de Pachatusan y el Valle del río Vilcanota, que presenta amplias terrazas fluvio aluviales con laderas empinadas.

Litológicamente está caracterizado por afloramientos que van desde el Paleozoico, como las calizas y margas de la Formación Copacabana; a rocas del Meso-Cenozoico del Grupo Mitu, Formaciones Caicay, Huancané, Grupo Yuncaypata, Formaciones Quilque y Chilca.

### **2.2.3. Altiplano**

(Carlotto et al., 2011)

Cómo se puede observar en el Mapa Geomorfológico de Cuadrángulo de Cusco (Ilustración 2.1), la unidad morfoestructural denominada es el “Altiplano”, ocupa la parte central del Cuadrángulo del Cusco, con una dirección NO-SE. De manera general, esta unidad, tiene un aspecto morfológico de una altiplanicie cuyas altitudes varían de 3800 a 4000 m.s.n.m., disectada por varios ríos que han originado quebradas y depresiones, dándole un aspecto muy agreste a esta unidad. Carlotto et al. (2011) distingue las siguientes unidades locales: Depresión de Cusco-Huacarpay, Meseta de Saqsaywaman, Montañas del Cusco, Serranías de Vilcaonga, Montañas de Ancaschaca, Montañas Chinchay-Ichuloma, Montañas de Seratichin Orcco-Pumahuasi. Meseta de Huacocha y Planicie de Pomacanchi.

Litológicamente esta unidad tiene una gran variedad, la Depresión de Cusco-Huacarpay que tiene una longitud aproximada de 30 km, está compuesta sobre todo por materiales cuaternarios como la formación San Sebastián, depósitos aluviales, lacustres y fluviales, que se depositaron a consecuencia del represamiento del río Huatanay por el volcán Rumicolca, lo que originó un gran lago llamado Morkill en el Pliocuatnario (Gregory, 1916). La meseta de Saqsaywaman presenta una mezcla caótica de lutitas, yesos y cuerpos aislados de calizas que pertenecen a las formaciones Maras y Ayabacas; en el Santuario Arqueológico de Saqsaywaman aflora un cuerpo intrusivo, conocido como el “Rodadero de



Saqsaywaman”. Las Montañas de Cusco están compuestas por intercalaciones de areniscas y lutitas de la formación Kayra, en este sector destaca el cerro Picol con una altitud de 4000 m.s.n.m. En las Serranías de Vilcaconga y Las Montañas de Chinchay-Ichuloma afloran las capas rojas del Grupo San Jerónimo, destacan el Cerro Pichaquena con una altitud de 4867 m.s.n.m. las mismas montañas de Chinchay con una altitud de 4384 m.s.n.m. y la montaña de Ichuloma con una altitud de 3966 m.s.n.m. Entre las montañas de Chinchay-Ichuloma y las montañas de Seratichin-Orcco se tiene las depresiones de Paruro y Yaurisque en las cuales afloran areniscas de las formaciones Paruro y Sonco.

#### **2.2.4. Borde NE de la Cordillera Occidental**

(Carlotto et al., 2011)

Esta unidad morfoestructural se ubica al SO del Cuadrángulo del Cusco. Entre las unidades locales tenemos las Montañas de Quepuro-Tauca-Orcco, las Montañas de Sihuina-Cangal-Tahui, la Momtañas de Inticahuarina-Quintir y la Planicie de Accha (Ilustración 2.1), sus altitudes varían de 4000 a 4500 m.s.n.m. Estas montañas se encuentran atravesadas por los ríos Velille y Apurímac lo que ha ocasionado la formación de varias quebradas y dándole a esta unidad un aspecto muy agreste, con laderas muy empinadas.

Litológicamente también es muy variable, afloran rocas areniscas cuarzosas de la Formación Soraya y del Grupo Yura, calizas de la Formación Ferrobamba, conglomerados de la Formación Anta. Algunas de estas unidades son cortadas por cuerpos intrusivos pertenecientes al Batolito Andahuylas-Yauri, lo que ha causado la formación de zonas de Skarn (Carlotto et al., 2011).

### **2.3. Marco Geomorfológico Local**

El tramo de carretera se encuentra ubicado en la unidad geomorfológica denominada como Altiplano, entre las montañas de Chinchay-Ichuloma, la depresión de Paruro y las montañas de Seratichin-Orcco.

Para identificar las unidades geomorfológicas locales nos basamos en el modelo propuesto en el estudio preliminar de “Zonificación Ecológica Económica del Departamento del Cusco” realizada por la Dirección de Estudios y Proyectos de Gestión Ambiental de la Región del Cusco el año 2005. Las unidades geomorfológicas locales que se han identificado se encuentran en la Tabla 2.1 y Mapas: M-03, 04 y 05.

#### **2.3.1. Altiplanicies**

Las altiplanicies son extensiones de terreno más o menos llanas, generalmente son superficies producto de la erosión y/o sedimentación, se ubican por encima de los 3800 m.s.n.m., en nuestra zona de estudio se distinguen las siguientes subclasificaciones:

##### **Altiplanicies Allanadas (AltplAlla)**

Esta geoforma está constituida por zonas llanas, con pendientes que van de 0 a 25 % y ubicados a altitudes que superan los 3 800 m.s.n.m (ZEE del Departamento del Cusco, 2005), está compuesta por depósitos aluviales o antiguas morrenas, los principal proceso de formación son la deposición y erosión. En la zona de estudio se puede visualizar en las zonas próximas a la población de Ranraccasa.

#### **2.3.2. Relieve Colinoso**

El relieve colinoso, también conocido como “Colina”, es una geoforma que presenta elevaciones de 30 a 300 m sobre el nivel base del río y pendientes que van de 15 a 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005). Tienen un origen denudacional (Erosional). En nuestra zona de estudio se puede subclasificar las siguientes geoformas:





### **Cima Colinosa (CmaCol)**

Esta geoforma se caracteriza por tener pendientes de 0 a 15 % y se ubica en las zonas altas de las colinas.

### **Colina Alta Fuertemente Disectada (CaFd)**

Geoforma con alturas de 80 a 300 m del nivel base del río y pendientes de 25 a 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005), litológicamente está caracterizado por la formación Paruro que está compuesta por intercalaciones de areniscas, lutitas y conglomerados no muy bien cementados.

**Tabla 2. 1 Unidades Geomorfológicas Locales. Fuente Propia.**

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS LOCALES		
NIVEL DE PAISAJE	NIVEL DE SUB-PAISAJE	SIMBOLOGIA
Altiplanicie	Altiplanicie Allanada	AltplAlla
	Fondo de Valle Glaciar Aluvial	Fvglalv
	Terraza Aluvial	Talv
Relieve Colinoso	Cima Colinosa	CmaCol
	Colina Alta Fuertemente Disectada	CaFd
	Colina Alta Moderadamente Disectada	CaMd
	Colina Baja Fuertemente Disectada	CbFd
	Colina Baja Moderadamente Disectada	CbMd
	Terraza Antrópica	Tantr
Relieve Montañoso	Cima Montañosa	CmaMon
	Terraza Estructural	Testr
	Vertiente de Montaña Alta Allanada	VmaAlla
	Vertiente de Montaña Alta Disectada Empinada	VmaDe
	Vertiente de Montaña Alta Empinada	VmaEm
	Vertiente de Montaña Alta Escarpada	VmaEs
	Vertiente de Montaña Baja Allanada	VmbAlla
	Vertiente de Montaña Baja Disectada Empinada	VmbDe
	Vertiente de Montaña Baja Empinada	VmbEm
	Vertiente de Montaña Baja Escarpada	VmbEs
Valles	Fondo de Valle Aluvial	Fvalv
	Fondo de Valle Bofedal	Fvbof
	Fondo de Valle Fluvial	Fvflv
	Terraza Fluvial Alta	Tflval
	Terraza Fluvial Baja	Tflvba
	Terraza Fluvial Media	Tflvme

### **Colina Alta Moderadamente Disectada (CaMd)**

Geoformas con alturas de 80 a 300 m del nivel base del río a la cima y pendientes de 15 a 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005). Litológicamente está caracterizado por la formación Paruro, de bajo grado de cementación.

### **Colina Baja Fuertemente Disectada (CbFd)**

Geoformas con alturas de 20 a 80 m del nivel base del río a la cima y pendientes que van del 25 al 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

### **Colina Baja Moderadamente Disectada (CbMd)**

Geoformas con alturas de 20 a 80 m del nivel base del río a la cima y pendientes que van de 15 a 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).



Foto 2. 1 Fondos de Valle Fluvial y Terrazas, progresiva 25+920. Fuente Propia

### 2.3.3. Relieve Montañoso

También conocido como “Montaña”, presenta alturas que superan lo 1000 m del nivel base del río a la cima de la montaña (ZEE del Departamento del Cusco, 2005), son producto del levantamiento orogénico. En nuestra zona de estudio, litológicamente, está caracterizado por los afloramientos de la formación Soncco, que se caracteriza por la intercalación de areniscas y lutitas mejor cementadas que la formación Paruro. Se puede subclasificar de la siguiente manera:

#### Cima Montañosa (CmaMon)

Geoforma con pendientes de 0 a 15 %, ubicado en la cumbre de las montañas (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Alta Allanada (VmaAlla)

Geoformas con alturas superiores a los 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 15 al 25 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Alta Empinada (VmaEm)

Geoformas con alturas superiores a los 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 25 al 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Alta Disectada Empinada (VmaDe)

Geoformas con alturas superiores a los 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 50 al 75 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Alta Escarpada (VmaEs)

Geoformas con alturas superiores a los 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes superiores al 75 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Baja Allanada (VmbAlla)

Geoformas con alturas que van de 300 a 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 15 al 25 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### Vertiente de Montaña Baja Empinada (VmbEm)

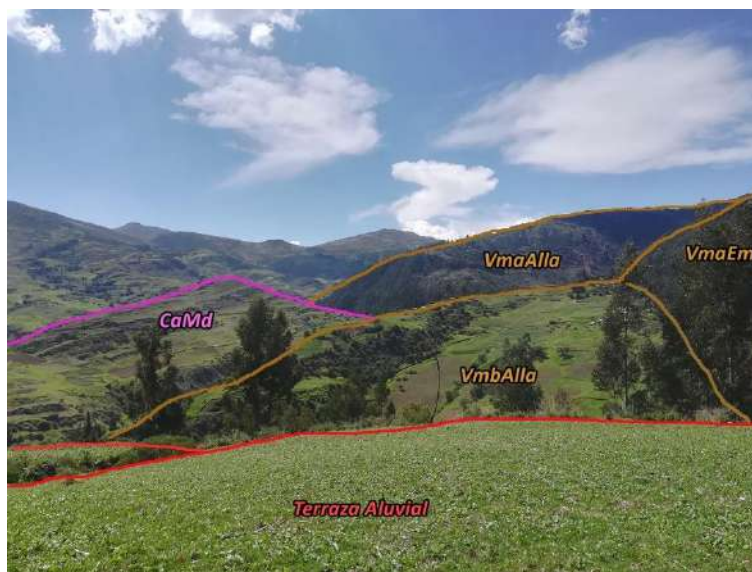
Geoformas con alturas que van de 300 a 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 25 al 50 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### **Vertiente de Montaña Baja Disectada Empinada (VmbDe)**

Geoformas con alturas que van de 300 a 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes que van de 50 al 75 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).

#### **Vertiente de Montaña Baja Escarpada (VmbEs)**

Geoformas con alturas que van de 300 a 1000 m desde el nivel base del río a la cima, presenta pendientes superiores al 75 % (ZEE del Departamento del Cusco, 2005).



**Foto 2. 2** Colinas, Montañas y Terrazas, progresiva 20+490. Fuente Propia.

### **2.3.4. Valles**

Son depresiones de la superficie terrestre ubicado entre dos laderas o vertientes y en su fondo se desplaza un curso fluvial, se ha caracterizado los valles teniendo en cuenta los tipos de depósitos cuaternarios presentes en su mayor porcentaje en dichas depresiones.

#### **Fondo de Valle Glaciar Aluvial (Fvglalv)**

Geoformas de reciente formación, presenta pendientes que van de 4 a 25 % y ubicados a altitudes por encima de las 3 300 m.s.n.m. (ZEE del Departamento del Cusco, 2005). Han sido formados por la sedimentación de material arrastrado por los cursos fluviales.

#### **Fondo de Valle Fluvial (Fvflv)**

Geoformas de reciente formación, presenta pendientes moderadas y está compuesta por depósitos cuaternarios fluviales.

#### **Fondo de Valle Bofedal (Fvbof)**

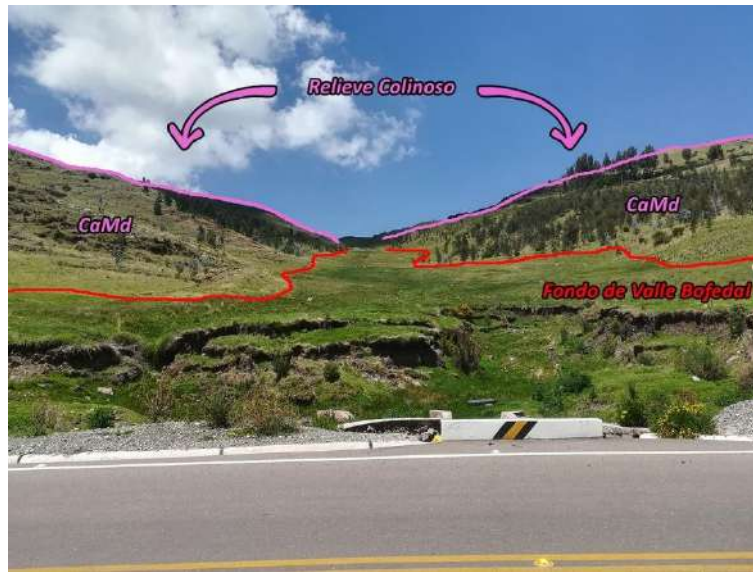
Geoformas de reciente formación, presenta pendientes moderadas y está compuesta por depósitos cuaternarios con bastante material orgánico y presencia de nivel freático.

#### **Terraza Aluvial (Talv)**

Geoformas de reciente formación, con pendientes de 0 a 25 % y de poca extensión, ubicados de 5 a 15 m por encima del nivel base del río. Está compuesta sobre todo por depósitos aluviales.

### **Terraza Fluvial Baja (Tflvba)**

Geoformas próximas a los cursos de los ríos, presenta alturas de hasta 5 m desde el nivel base del río y pendientes de 2 a 8 %, se caracteriza por presentar depósitos areno-limosos.



**Foto 2. 3** Colinas y Valles, progresiva 9+960. Fuente Propia.

### **Terraza Fluvial Media (Tflvme)**

Geoforma con relieve llano a fuertemente inclinado (0 a 15%), con alturas entre 5 a 15 m sobre el nivel base del río. Compuesto por depósitos fluvio-aluviales.

### **Terraza Fluvial Alta (Tflval)**

Geoforma con relieve llano a fuertemente inclinado (0 a 15%), con alturas entre 15 a 30 m sobre el nivel base del río. Compuesto por depósitos fluvio-aluviales.

### **Terraza Estructural (Testr)**

Geoformas llanas (0 a 15%) o inclinadas, que se originan por procesos tectónicos y erosivos.

### **Terraza Antrópica (Tantr)**

Geoformas llanas (0 a 15%) creadas por la acción del hombre.



**Foto 2. 4** Colinas, Montañas y Terrazas, progresiva 22+290. Fuente Propia.



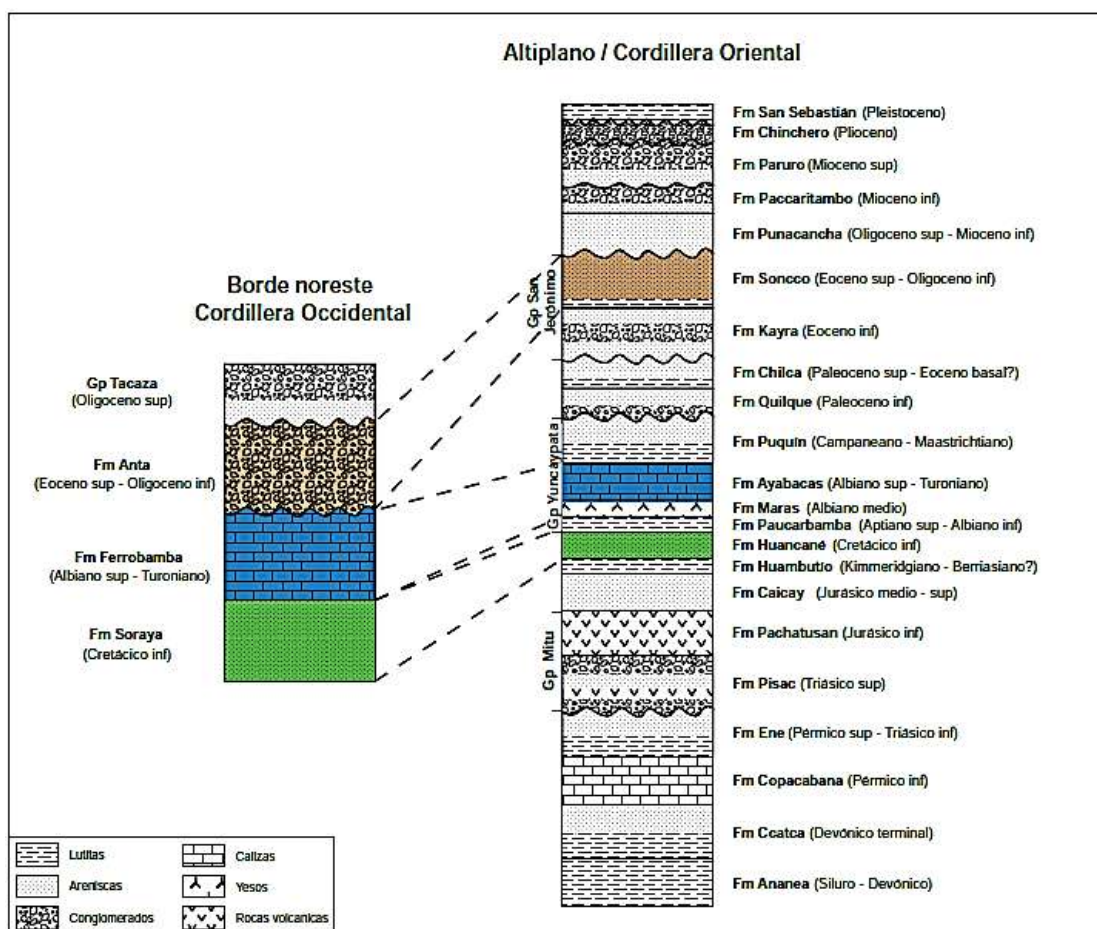
## **CAPITULO III**

### **GEOLOGÍA**



### 3.1. Generalidades

Nuestra zona de estudio se encuentra estudiada en la Carta Geológica Nacional, hoja 28-s, Geología del Cuadrángulo de Cusco, cuadrantes III y IV, escala 1:50 000. Estudio realizado por, Víctor Carlotto, José Cárdenas y Gabriel Carlier, para el INGEMMET el año 2011. Las unidades litoestratigráficas que afloran en nuestra zona de estudio a nivel regional van del Mesozoico inferior al Cenozoico con los depósitos cuaternarios del Holoceno. Carlotto et al. (2011) dividen las unidades litoestratigráficas, del Cuadrángulo del Cusco, en dos dominios paleogeográficos para el Mesozoico superior y el Cenozoico inferior. El primero corresponde al Dominio del Altiplano y el otro al Borde NE de la Cordillera Occidental (Ilustración 2.1). Nuestra zona de estudio a nivel regional y local se encuentra ubicado en el dominio del Altiplano. A continuación, vamos a describir las unidades litoestratigráficas de nuestra zona de estudio a nivel regional (Mapa: M-08) y local (Mapas: M-09 y M-10).



**Ilustración 3.1** Estratigrafía de los dominios paleogeográficos del Cuadrángulo del Cusco 28-s. Tomado de Carlotto et al. (2011).

<b>COLUMNA REGIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>				
ERA	SISTEMA	SERIE		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depo. Coluviales	Q-co Depósitos de pendiente, incluido deslizamientos.
			Depo. Aluviales	Q-al Gravas de conos aluviales y de eyección.
			Depo. Fluviales	Q-fl Arenas y arenas gravosas en bancos y terrazas.
			Depo. Glaciares	Q-gl Gravas de conos aluviales y de eyección.
	NEÓGENO	Mioceno	Fm. Paruro	Nm-pa II Areniscas fluviales y conglomerados.
				Nm-pa I Lutitas y limolitas lacustres con carofitas, areniscas y conglomerados fluviales.
			Fm. Paccaritambo	Nm-pac Conglomerados aluviales y areniscas fluviales rojas.
				Nom-pu III Areniscas fluviales y conglomerados con clastos de cuarzo, calizas y areniscas.
	PALEÓGENO	Oligoceno	Fm. Punacancha	Nom-pu II Areniscas fluviales y conglomerados con clastos volcánicos en la base.
				Nom-pu I Limolitas rojas de llanura de inundación y areniscas fluviales, Al techo nivel volcánico.
				Peo-so II Areniscas fluviales blancas y verdosas, al techo aparecen conglomerados fluviales.
		Eoceno	Gpo. San Jerónimo	Peo-so I Lutitas rojas de llanura de inundación en la base, y escasos bancos de areniscas fluviales al techo.
			Fm. Kayra	Peo-ky Areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas de medios fluviales. Al techo conglomerados fluviales en la base bancos arenosos.
		Paleoceno	Fm. Chilca	Pp-ch Lutitas y margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yesos de medios lacustres y sabkha. Areniscas fluviales hacia la parte superior. Presencia de Carofitas.
			Fm. Quique	Pp-qu Lutitas rojas y moradas lacustres con carofitas, yesos de sabkha continental. Lutitas negras marinas muy poco profundas y areniscas fluviales.
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	Fm. Puquín	Ks-pu Calizas del tipo mudstone a wackstone con deformaciones sinsedimentarias de plataforma interna muy poco profunda.
			Fm. Ayabacas	Kis-ay Calizas del tipo mudstone a wackstone con deformaciones sinsedimentarias de plataforma interna muy poco profunda.
			Fm. Maras	Ki-ma Mezcla caótica de yesos, lutitas rojas y algunos cuerpos de calizas por efecto de diapirismo.

**Ilustración 3. 2** Columna Estratigráfica de la zona de estudio. Tomado del INGEMMET, Carta Geológica Nacional 28-s III (Carlotto et al., 2011).

## 3.2. Marco Geológico Regional

### 3.2.1. Unidades Litoestratigráficas del Dominio Paleogeográfico del Altiplano

#### 3.2.1.1. Mesozoico-Cretácico

##### Grupo Yuncaypata

(Carlotto et al., 1996, 2011)

El Grupo Yuncaypata agrupa las formaciones de Paucarbamba, Maras, Ayabacas y Puquín (Carlotto et al. 1996, 2011), en nuestra zona de estudio sólo afloran las formaciones de Maras, Ayabacas y Puquín.

##### Formación Maras (Ki-ma)

(Carlotto et al., 1996, 2011)





La formación Maras aflora en el lado suroeste de la zona de estudio. Está conformada por una mezcla caótica y estratificada de yesos y lutitas rojas que han sufrido removilizaciones por efectos tectónicos y diapíricos, presenta algunos niveles de calizas deslizadas de la formación Ayabacas. Las lutitas parecen ser de origen lacustre, los yesos de sabkha y las calizas marinas de muy poca profundidad (Carlotto et al., 1996, 2011).

### **Formación Ayabacas (Kis-ay)**

(Cabrera y Petersen, 1936; Kalafatovich, 1957; Carlotto et al., 1996, 2011)

La formación Ayabacas, al igual que la formación Maras, aflora en pequeñas cantidades en el lado suroeste de la zona de estudio y al igual que la formación Maras aflora de manera caótica o disarmónica (Kalafatovich, 1957). Está compuesta por calizas dolomitizadas, Carlotto et al. (1996, 2011) ha podido reconocer facies margosas gris oscuras, facies mudstone bioturbadas o facies wackestone-packstone más o menos bioclásticas, y menos frecuentemente facies grainstone con oolitos de bioclastos o granos de cuarzo. Algunas facies aparecen con figuras de emersión (disolución), con aspecto de brechas y figuras de estructuras de tipo slump (Carlotto, 1992; Carlotto et al., 1996, 2011).

### **Formación Puquín (Ks-pu)**

(Carlotto, 1992; Carlotto et al., 1992, 2011)

La formación Puquín aflora al noreste y suroeste de la zona de estudio. Carlotto et al. (2011) divide la formación Puquín en tres miembros llamados M1, M2 y M3.

El M1 tiene 30 m de espesor “está constituido por lutitas rojas, yesos laminados, nodulosos o en malla y por brechas con elementos pelíticos que indican un medio sabkha continental” (Carlotto et al., 2011, p. 35).

EL miembro M2 se subdivide en dos secuencias de orden inferior, AM2 con espesor de 100 a 150 m y BM2 con espesor de 30 a 60 m. “Las secuencias basales están compuestas por calizas, margas, lutitas negras ricas en materia orgánica y pirita, mientras que la parte media y superior por lutitas verdes y rojas asociadas a yesos laminares, nodulosas y en mallas” (Carlotto et al., 2011, p. 35).

El miembro M3 tiene un espesor superior a los 170m (Carlotto, 2011), “está compuesta por un comienzo de bancos arenosos fluviales, seguidos por intercalaciones de lutitas, margas y calizas lacustres e intertidales, en tanto que la parte media y superior grano-estrato creciente está representado por areniscas feldespáticas de color rojo y de origen fluvial” (Carlotto et al., 2011, p. 35).

### **3.2.1.2. Cenozoico-Paleógeno-Paleoceno**

#### **Formación Quilque**

(Gregory, 1916; Carlotto, 1992; Carlotto et al., 2011)

La formación Quilque, en nuestra zona de estudio, aflora de manera concordante a la formación Puquín, tiene un espesor aproximado de 150 m. Está formado por lutitas, areniscas de color rojo y conglomerados formados por la erosión de costras calcáreas y calizas, dicha litología indica que es una secuencia grano estrato creciente (Carlotto et al. 2011).

#### **Formación Chilca**

(Audebaud, 1973; Carlotto, 1992; Carlotto et al., 2011)

La formación Chilca, en nuestra zona de estudio, aflora paralela a la formación Quilque y a la formación Kayra, teniendo a la primera como piso y a la segunda como techo. Tiene un espesor superior a los 100 m.

Está conformado por lutitas rojas que presentan láminas de yeso, también está formando por margas y areniscas calcáreas, posiblemente de medio lacustre o sabkna. Pasa gradualmente a areniscas feldespáticas rojas que podría corresponder a medios fluviales de canales entrelazados (Carlotto et al., 2011)

### 3.2.1.3. Cenozoico-Paleógeno-Eoceno

#### Grupo San Jerónimo

(Córdova, 1986; Carlotto et al., 2005; Carlotto et al., 2011)

El grupo San Jerónimo es una serie de capas rojas con más de 6000 m de espesor. Córdova (1986) lo dividió en tres formaciones: Kayra con 3000 m de espesor, Soncco con 1600 m de espesor y Punacancha con 1700 m de espesor. Pero Carlotto et al. (1997, 2005, 2011) sólo lo divide en dos formaciones: Kayra y Soncco. En nuestra zona de estudio, las formaciones Kayra y Soncco afloran en discordancia erosional a las formaciones Quilque y Chilca.

#### Formación Kayra (Peo-Ky)

(Córdova, 1986; Carlotto, 1998; Carlotto et al., 2011)

La formación Kayra aflora en la parte central de nuestra zona de estudio, suprayaciendo a las formaciones Chilca y Quilque. Su espesor varía entre los 2000 y 3000 m. Está compuesta principalmente por areniscas feldespáticas, intercaladas con estratos de lutitas rojas. En la parte media-superior, de la formación, se puede apreciar areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos que corresponderían a un medio fluvial entrelazado. En nuestra zona de estudio se pueden distinguir conglomerados. La parte superior de la formación acaba con facies areno-pelíticas que corresponden a una llanura de inundación y canales divergentes (Carlotto et al., 2011).

#### Formación Soncco (Peo-so)

(Córdova, 1986; Carlotto, 1998; Carlotto et al., 2011)

La formación ocupa gran parte de la zona de estudio. Carlotto et al. (2011) divide la formación Soncco en dos miembros: el Miembro I o Inferior con un espesor de 200 a 300 m, formado por lutitas rojas, que corresponden a un ambiente de llanura de inundación, y con intercalaciones de niveles de areniscas finas. El Miembro II o Superior con un espesor de 1000 a 2000 m, formado por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos, que corresponden a un ambiente fluvial altamente entrelazado.



**Foto 3. 1** Intercalaciones de areniscas con clastos blandos y lutitas - Formación Soncco II. Fuente: Propia.



### **3.2.1.4. Cenozoico-Neógeno-Mioceno**

#### **Formación Punacancha (Nom-pu)**

(Córdova, 1986; Chávez et al., 1994; Carlotto et al., 1997; Carlotto et al. 2011)

La formación Punacancha, en nuestra zona de estudio, aflora en la parte este, suprayace a la formación Soncco, su espesor varía de 1265 a 5000 m. Carlotto et al. (2011) divide la formación Punacancha en cuatro miembros: Miembro I, Miembro II, Miembro III y Miembro IV, en nuestra zona de estudio sólo afloran los tres primeros. El Miembro I tiene un espesor de 440 m, suprayace a la formación Soncco y está conformado por lutitas rojas pertenecientes a un ambiente de llanura de inundación, también presenta microconglomerados de ambientes fluviales, en la parte media de este miembro se observa un nivel de toba volcánica de 1 a 3 m de espesor. El miembro II tiene un espesor mayor a los 700 m, suprayace al Miembro I. Está formado por areniscas y conglomerados de ambientes fluviales con clastos, que pueden ser superiores a los 50 cm y cuya composición es volcánica, pero también se aprecian cuarcitas, calizas, areniscas y yesos, aunque éstas de manera escasa. El Miembro III, presenta un espesor mayor a los 500 m suprayace al Miembro II y está formada también por areniscas y conglomerados de ambientes fluviales, cuyos clastos también pueden llegar hasta los 50 cm, pero con composición predominante de cuarcitas, calizas y areniscas, a diferencia del Miembro II, donde predominaban los clastos volcánicos (Carlotto et al. 2011).

#### **Formación Paccaritambo (Nm-pac)**

(Carlotto et al., 2011)

La formación Paccaritambo aflora en nuestra zona de estudio en la parte oeste, que geomorfológicamente, corresponde al Altiplano y al límite de la Cordillera Occidental con el Altiplano. Suprayace a la formación Anta y al Grupo Yuncaypata. Está formada por areniscas que degradan de grano grueso a fino, presenta fragmentos líticos, de cuarzo y feldespato, también presenta capas de lutitas de colores púrpuras y marrones de medios fluviales. Las capas de lutitas están intercaladas con conglomerados de medios fluviales proximales y conos aluviales, el diámetro promedio de los clastos, de los conglomerados, varían de tamaño, pudiendo llegar hasta los 30 cm y cuyas composiciones son rocas intrusivas, volcánicas y calizas (Carlotto et al., 2011).

#### **Formación Paruro (Nm-pa)**

(Córdova, 1986; Jaimes y Romero, 1996; Carlotto et al., 1997; Carlotto, 1998, Carlotto et al., 2011)

La formación Paruro aflora en la parte central de nuestra zona de estudio, en los alrededores del poblado de Paruro, extendiéndose hasta el poblado de Yaurisque. Suprayace a las formaciones Kayra y Soncco por el lado este y al grupo Yuncaypata por el lado oeste. Carlotto et al. (2011) divide la formación Paruro en dos miembros: Miembro I y Miembro II. Según el mismo autor, el Miembro I presenta un espesor de 365 a 700 m, y está formado por lutitas y limolitas de ambiente lacustre, también por areniscas y conglomerados fluviales que forman secuencias grano estrato decrecientes. El Miembro II tiene un espesor de 800 a 1000 m, suprayace al miembro I, está formado en su mayoría por conglomerados de ambientes de conos aluviales que forman secuencias grano estrato crecientes (Jaimes y Romero, 1996) la evolución tectónica de esta formación está asociada al sistema de fallas Yaurisque - Papres (Carlotto et al., 2011).



**Foto 3. 2** Areniscas y lutitas de la Formación Paruro Miembro I. Fuente: Propia.

### **3.2.2. Depósitos Cuaternarios a nivel Regional**

Los depósitos Cuaternario corresponden a sedimentos y rocas superficiales que no están consolidados con edades que no exceden a los 2.58 Ma de antigüedad (Carlotto et al., 2011). En la zona de estudio se aprecian a escala regional los siguientes depósitos cuaternarios:

#### **Depósitos Glaciares**

Los depósitos glaciares o morrenas están compuestas por “gravas y bloques de diferentes tamaños con matriz variable, con limos arenosos y arcillas” (Carlotto et al., 2011, p. 54). En nuestra zona de estudio, se reconoce estos depósitos cerca al centro poblado de Condorpuñuna, en la cabecera de la quebrada Chahuayocmayo.

#### **Depósitos Fluviales**

Este tipo de depósitos se encuentran reconocidos en el fondo de los valles, por el norte cerca al centro poblado de Cusibamba y por el sur cerca al centro poblado de Paruro. “Están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas” (Carlotto et al., 2011, p. 54).

#### **Depósitos Aluviales**

Carlotto et al. (2011) considera como depósitos aluviales a los conos aluviales y a los conos de deyección adosados a la desembocadura de las quebradas y están compuestos por bloques de gravas envueltos en matriz areno-arcillosa. En nuestra zona de estudio se aprecia este tipo de depósito cerca a la quebrada de San Jun de Taray.

#### **Depósitos Coluviales**

Los depósitos coluviales corresponden a depósitos de pendiente producto de los fenómenos geodinámicos externos como: reptaciones, deslizamientos, vuelcos, etc. (Carlotto et al. 2011). El principal depósito coluvial se aprecia en el “deslizamiento” de Ranraccasa que tiene una dirección SE-NO.

### **3.3. Marco Geológico Local**

El marco geológico local hace referencia a los afloramientos litoestratigráficos que son cortados por el tramo de carretera, que va del centro poblado de Ranraccasa al centro poblado de Paruro (km. 8+900 al 25+900). En vista que casi en su totalidad, los cortes de carretera, atraviesan rocas sedimentarias se



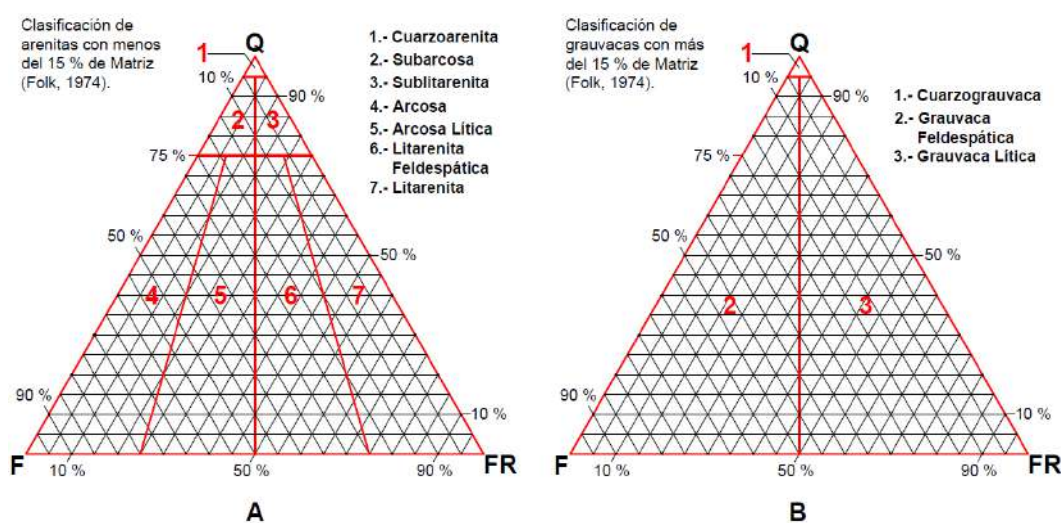
realizaron algunas columnas estratigráficas con la toma de muestras de mano para identificar de mejor manera la litología presente, así como la secuencia, orientación y buzamiento de los estratos.

Para la descripción petrográfica de los estratos y muestras de mano hemos utilizado las clasificaciones más comunes, que se encuentran ampliamente explicadas en diferentes libros de petrografía y/o petrología, clasificaciones como las establecidas por Pettijohn, Folk, Dott Limariano, etc. Estas clasificaciones, de rocas sedimentarias clásticas, relacionan el tamaño de los granos (clastos) con la composición mineralógica, que se sintetiza en la identificación del porcentaje de minerales de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas, así como la relación entre los clastos y la matriz.

**Tabla 3.1** Clasificación granulométrica de los sedimentos de Wentworth (1922), modificado por Ulmen-Scolle (2014). Fuente Hernández U. (2017).

Milímetros (mm)	Escala Phi (φ) Krumbein	Clases de tamaño de Wentworth
4096	-12	Bloque
256	-8	Canto
64	-6	Guijarro
4	-2	Gránulo
2	-1	Arena muy gruesa
1	0	Arena gruesa
1/2	0.5	Arena media
1/4	0.25	Arena fina
1/8	0.125	Arena muy fina
1/16	0.0625	Limo grueso
1/32	0.0312	Limo medio
1/64	0.0156	Limo fino
1/128	0.0078	Limo muy fino
1/256	0.0039	Arcilla
0.00006	14	

La tabla 3.1 muestra la granulometría de los sedimentos como arcillas, limos, arenas y gravas, que tienen su correspondencia con rocas sedimentarias lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados respectivamente.



**Ilustración 3.3** Clasificación de las areniscas según Folk (1974). Modificado de Castro, A., 1989.

La ilustración 3.3 muestra la clasificación que hace Folk (1974) para clasificar a las areniscas. Según su clasificación debemos distinguir dos escenarios, cuando la matriz es menor del 15 % (A) y cuando la matriz es mayor del 15 %, pero menor del 75 % (B).



Figure 1 consists of two photographs, A and B, illustrating the use of a white PVC tube for soil sampling. In photograph A, a person wearing glasses is shown using the white PVC tube to collect a soil sample from a pile of brown soil. In photograph B, a close-up view shows the white PVC tube being inserted into a dark, moist soil sample.

The figure contains two ternary diagrams, each with vertices labeled C (top), G (bottom-left), and LG (bottom-right). The left diagram is for 'ORTOCONGLOMERADOS (matriz arenosa)' and the right for 'PARACONGLOMERADOS (matriz fangosa)'. Both diagrams have axes labeled 'CLASTO SOPORTADOS' and 'MATRIZ SOPORTADOS'. The diagrams are divided into regions numbered 1 through 6. A legend between the diagrams defines the components: G = granitos + gneiss + felDSPatos, C = cuarzo + chert + cuarcitas, and L = fragmentos líticos restantes.

**ORTOCONGLOMERADOS (matriz arenosa)**

**PARACONGLOMERADOS (matriz fangosa)**

**CLASTO SOPORTADOS**

**MATRIZ SOPORTADOS**

**CLASTO PARACONGLOMERADOS**

**MATRIZ PARACONGLOMERADOS**

**LEGENDA:**

- G = granitos + gneiss + felDSPatos
- C = cuarzo + chert + cuarcitas
- L = fragmentos líticos restantes

**CLASIFICACIÓN:**

1. OLIGOMÍCTICO
2. SUBARCÓSIDO
3. SUBLÍTICO
4. POLIMÍCTICO
5. ARCÓSIDO
6. LÍTICO

Este diagrama clasifica las arenitas y lutitas basándose en el porcentaje de cuarzo y fragmentos líticos. El eje vertical representa el porcentaje de cuarzo (0 a 100) y el eje horizontal representa el porcentaje de fragmentos líticos (0 a 100). Las líneas de clasificación dividen el espacio en varias regiones:

- Arenitas:** Se subdividen en:
  - Cuarzo arenita:** Cuarzo > 25%, Fragmentos líticos < 5%.
  - Subarcosa:** Cuarzo > 25%, Fragmentos líticos 5-15%.
  - Sublítarenita:** Cuarzo > 25%, Fragmentos líticos > 15%.
  - Arenita feldespática:** Cuarzo > 25%, Fragmentos líticos < 5%, y Feldespatos > 10%.
  - Arenita lítica:** Cuarzo > 25%, Fragmentos líticos > 15%, y Feldespatos < 10%.
- Lutitas:** Se subdividen en:
  - Grauwacka feldespática:** Cuarzo < 25%, Feldespatos > 10%.
  - Grauwacka lítica:** Cuarzo < 25%, Fragmentos líticos > 15%.
  - Grauwacka:** Cuarzo < 25%, Feldespatos < 10%, y Fragmentos líticos < 15%.

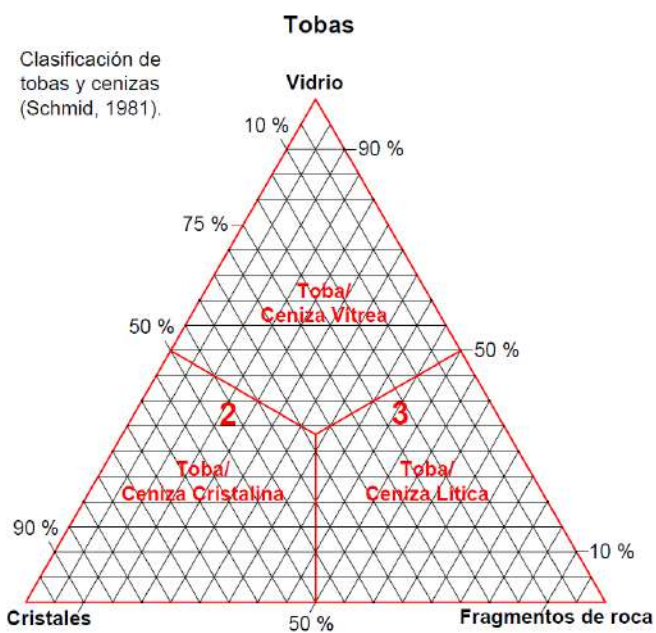
El diagrama también indica el "Incremento del porcentaje de matriz" a lo largo de una diagonal y el "Cuarzo grauwacka" en la región superior derecha.

pág. 43

En la zona de estudio también se identificó rocas volcánicas, que según la clasificación de Schmid (1981), pertenecen a Tobas de grano fino.

**Tabla 3. 2** Clasificación de los depósitos y rocas piroclásticos. Tomado de Schmid, 1981.

Tamaño de grano (mm)	Piroclastos	Depósito piroclástico	
		Tefra no consolidada	Roca piroclástica consolidada
> 64	bomba, bloque	tefra de bloques o bombas	brecha/aglomerado piroclástico
64 a 2	lapilli	tefra-lapilli	toba-lapilli
2 a 1/16	ceniza gruesa	ceniza gruesa	toba gruesa
< 1/16	ceniza fina	ceniza fina (polvo)	toba fina

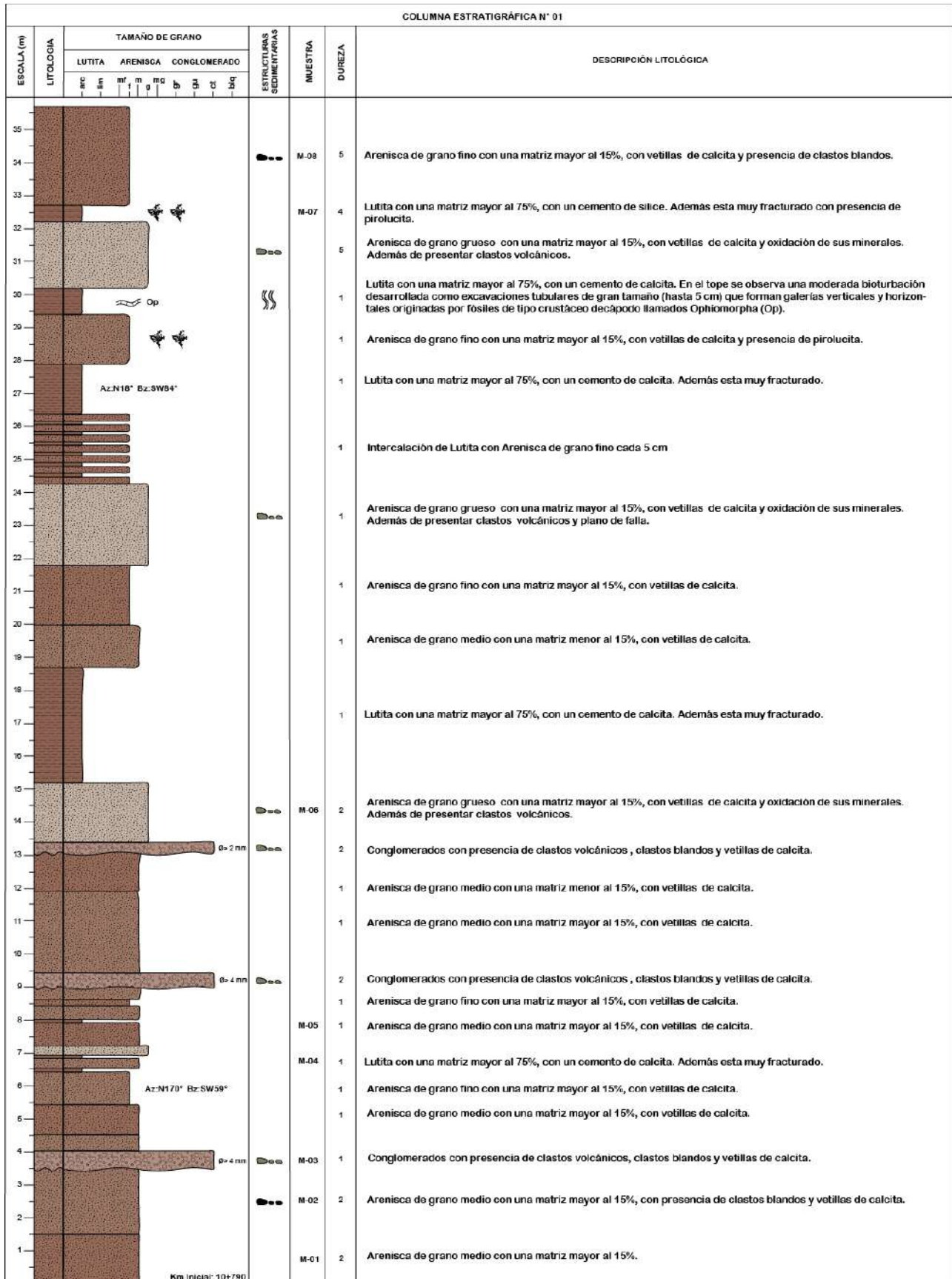


**Ilustración 3. 6** Clasificación de tobas y cenizas según Schmid (1981). Tomado de Castro, A., 1989.



**Foto 3. 4** Afloramiento de Toba Volcánicas. Fuente Propia.

### 3.3.1. Columnas estratigráficas:



**Ilustración 3.7 Columna estratigráfica N° 1. Fuente Propia.**



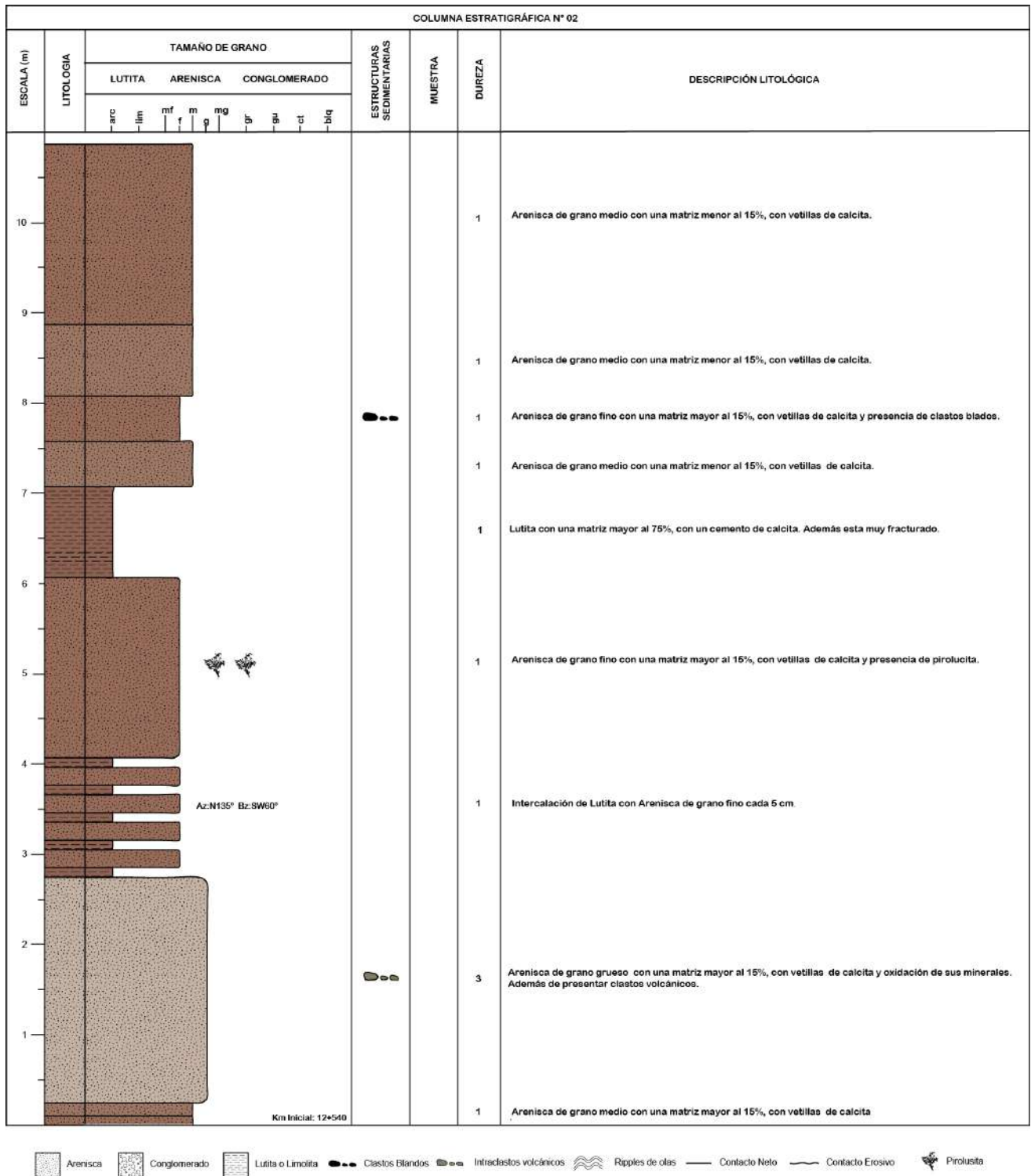


Ilustración 3. 8 Columna estratigráfica N° 2. Fuente Propia.



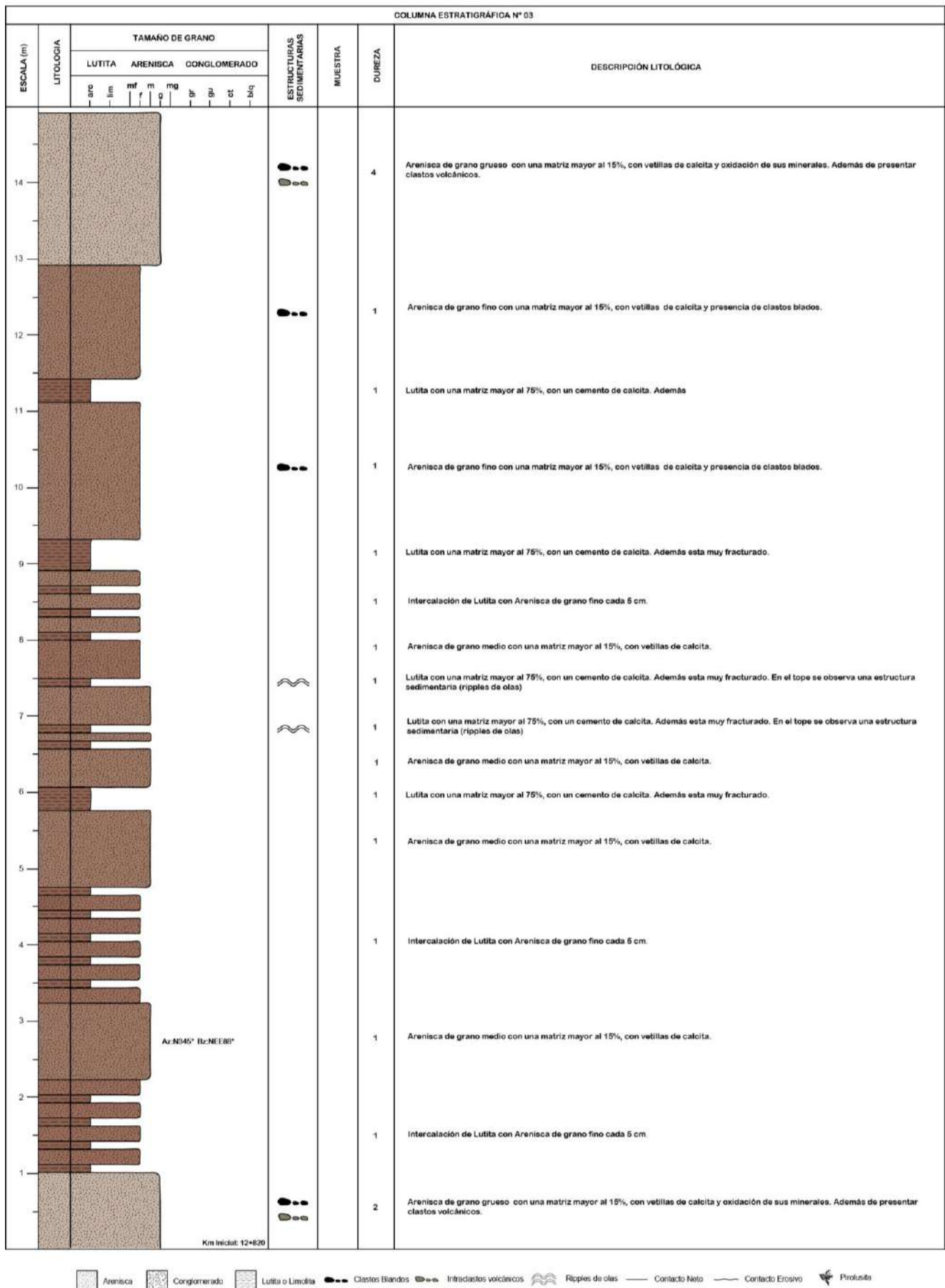


Ilustración 3. 9 Columna estratigráfica N° 3. Fuente Propia.

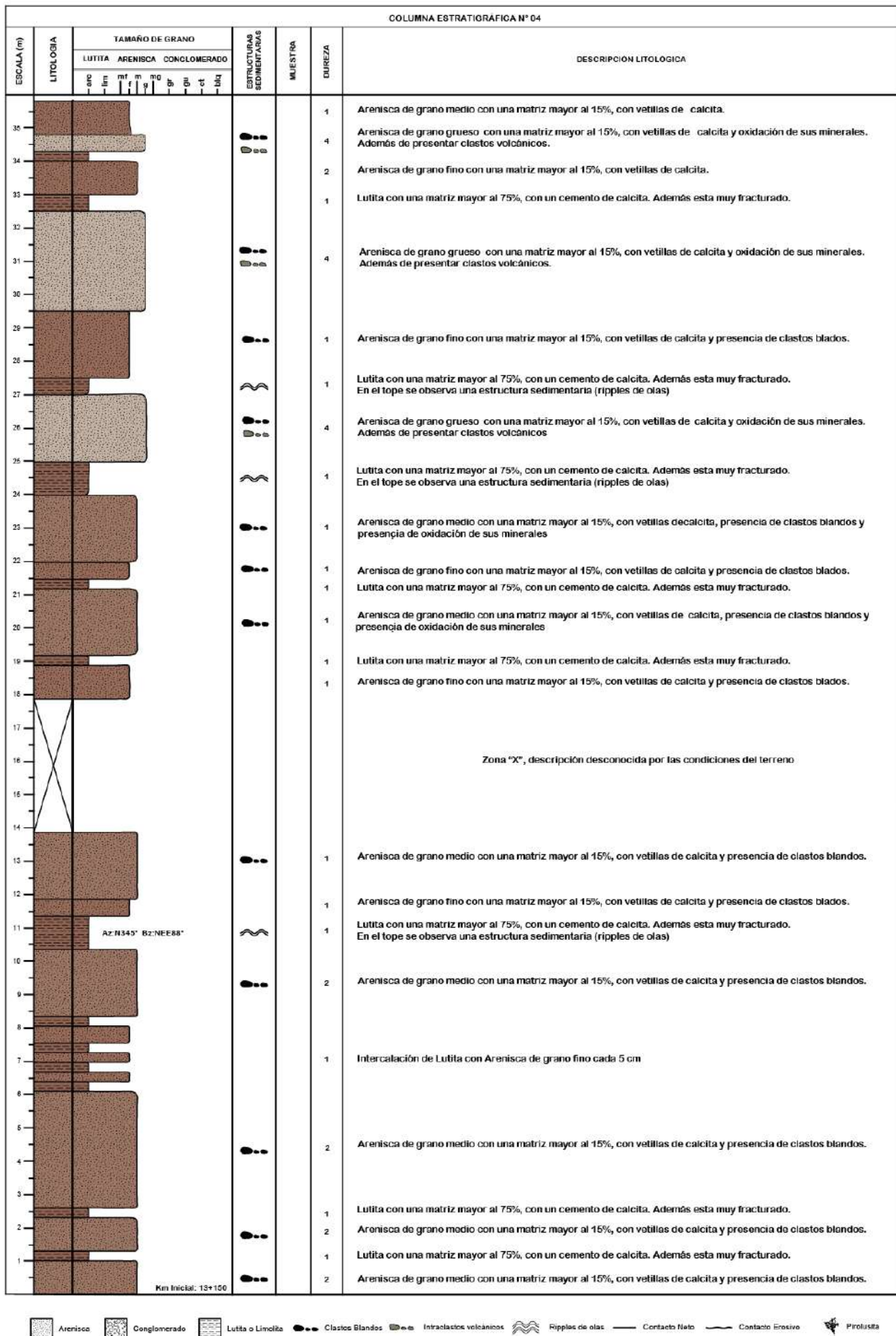


Ilustración 3. 10 Columna estratigráfica N° 4. Fuente Propia.

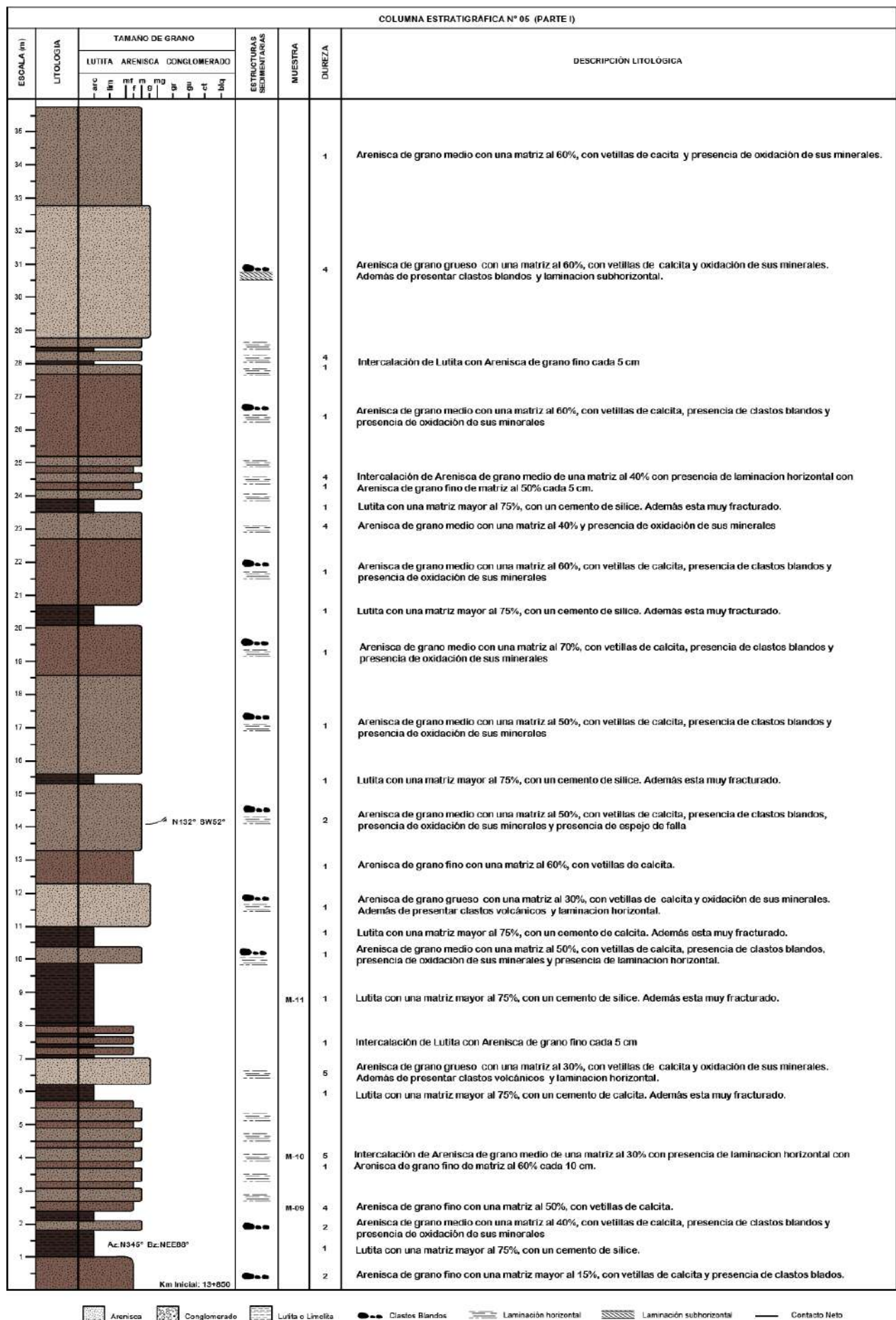


Ilustración 3. 11 Columna estratigráfica N° 5, parte 1. Fuente Propia.



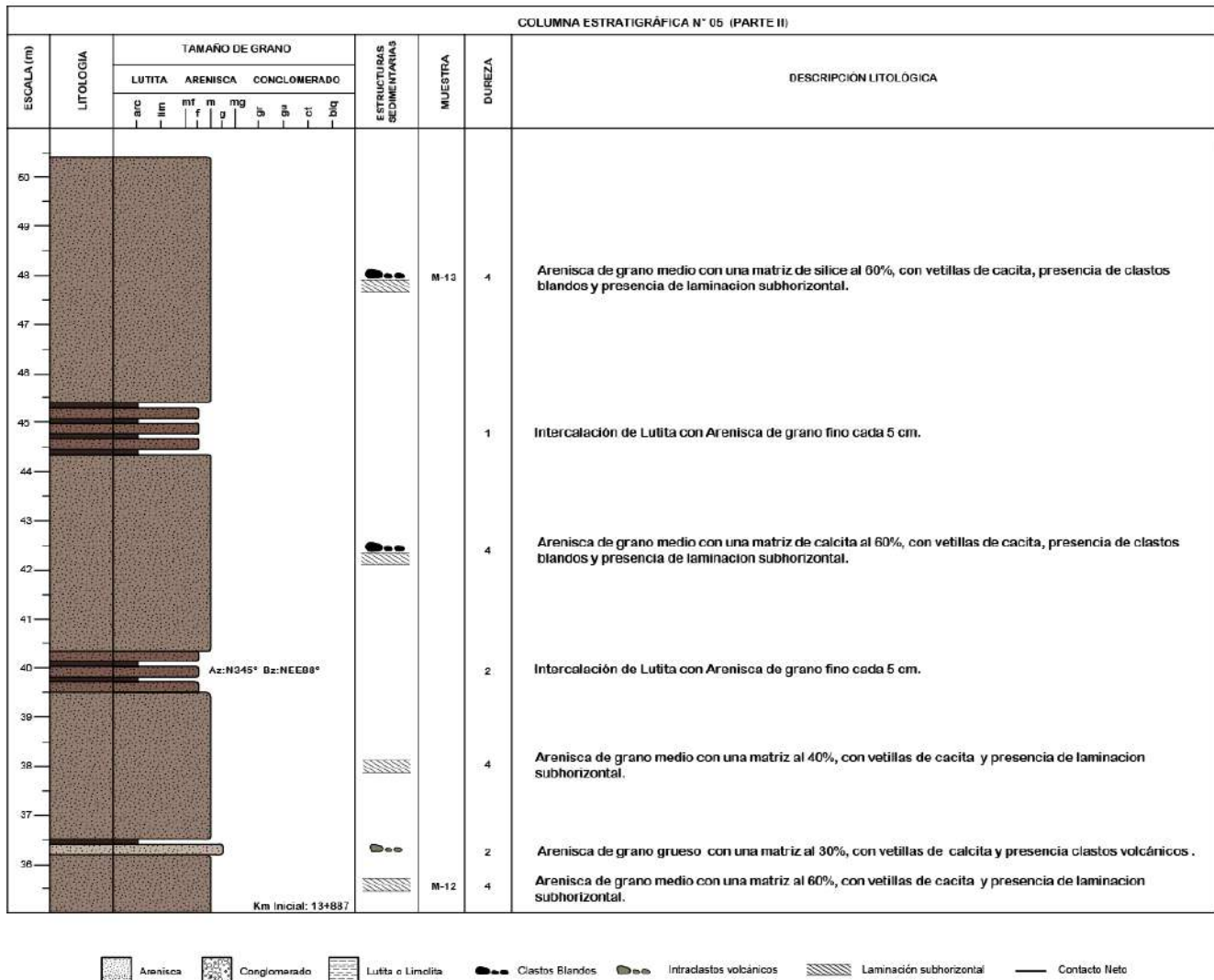


Ilustración 3. 12 Columna estratigráfica N° 5, parte 2. Fuente Propia.



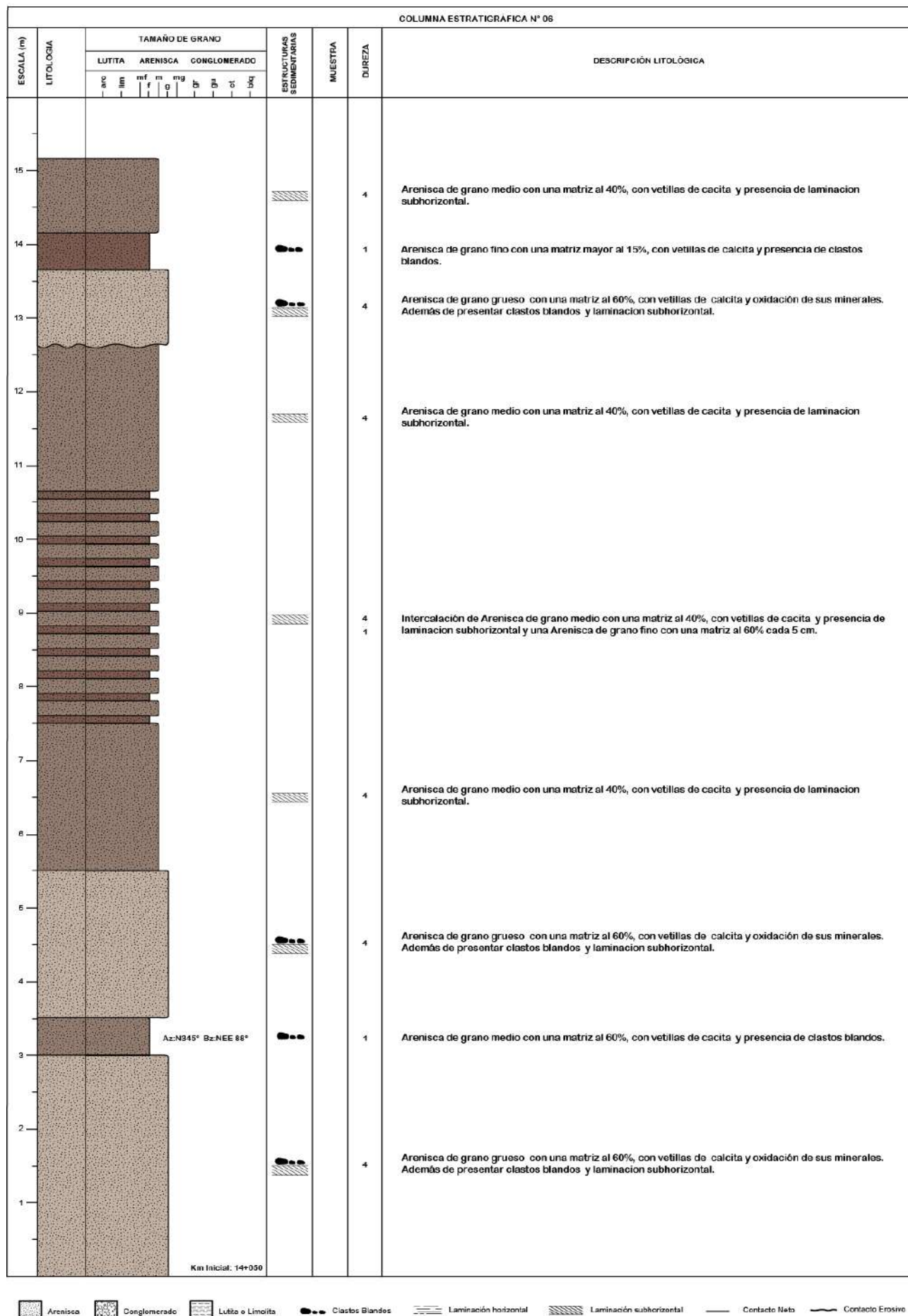


Ilustración 3. 13 Columna estratigráfica N° 6. Fuente Propia.

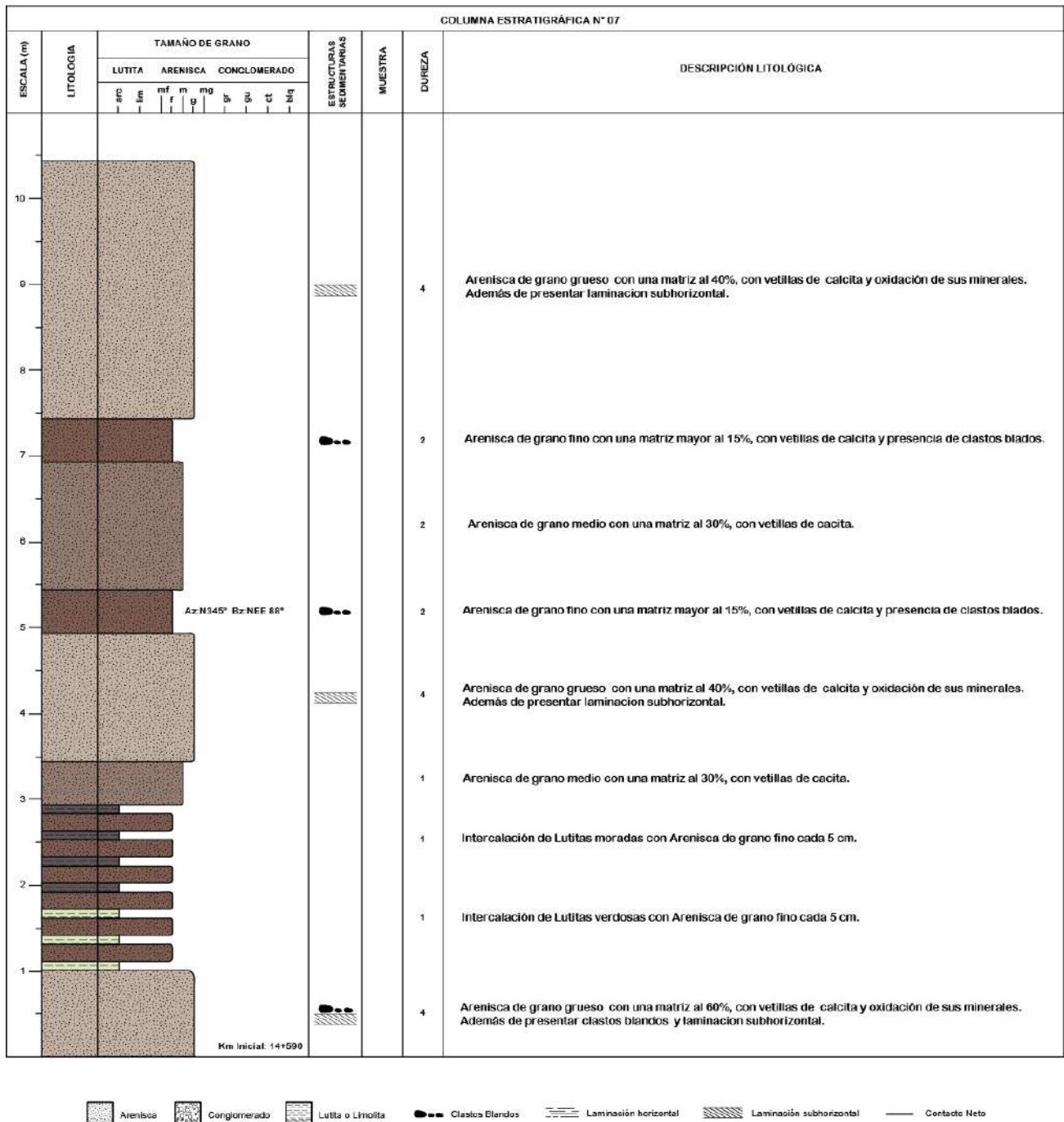
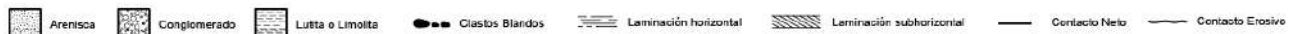
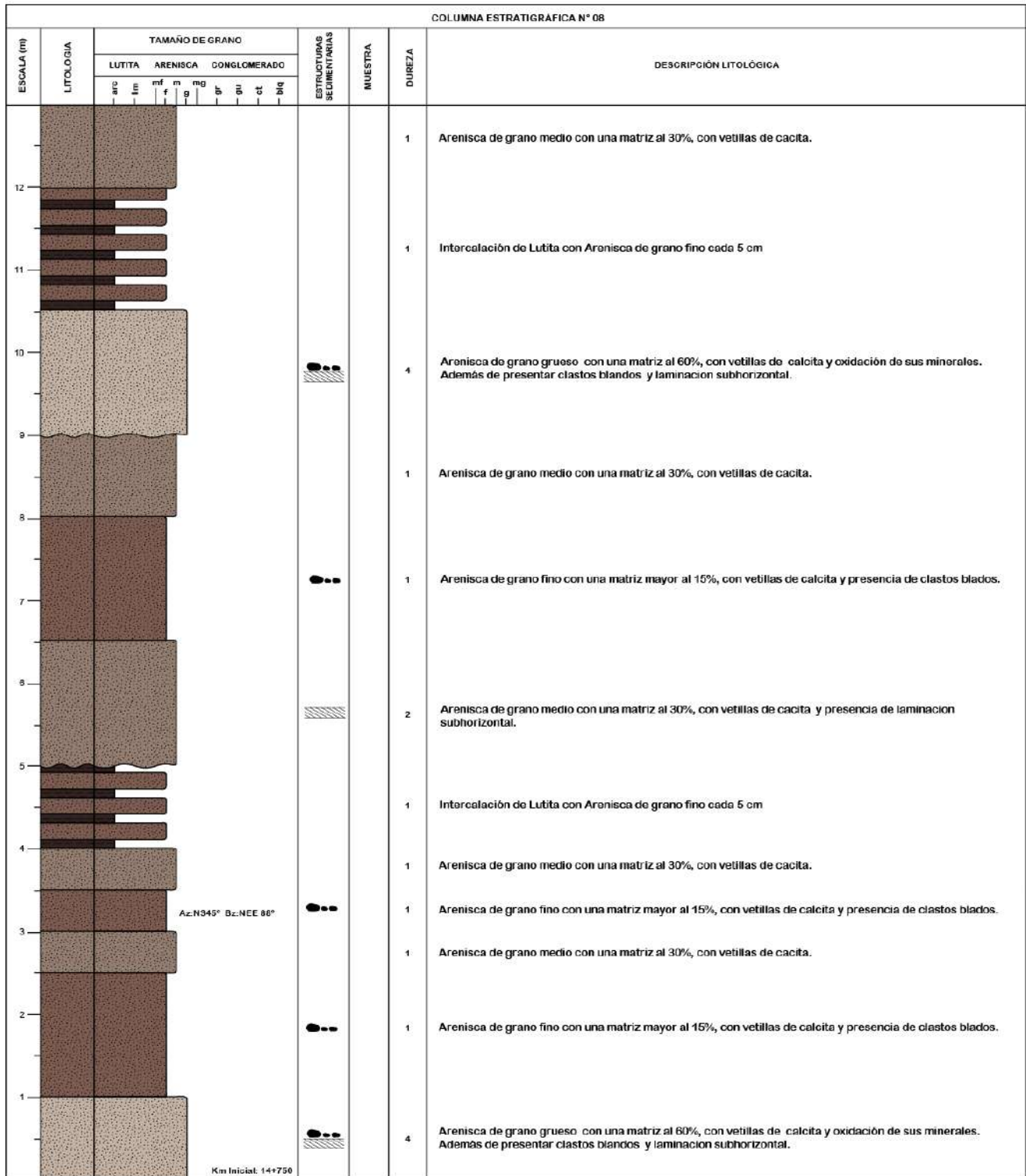


Ilustración 3. 14 Columna estratigráfica N° 7. Fuente Propia.



**Ilustración 3. 15** Columna estratigráfica N° 8. Fuente Propia.



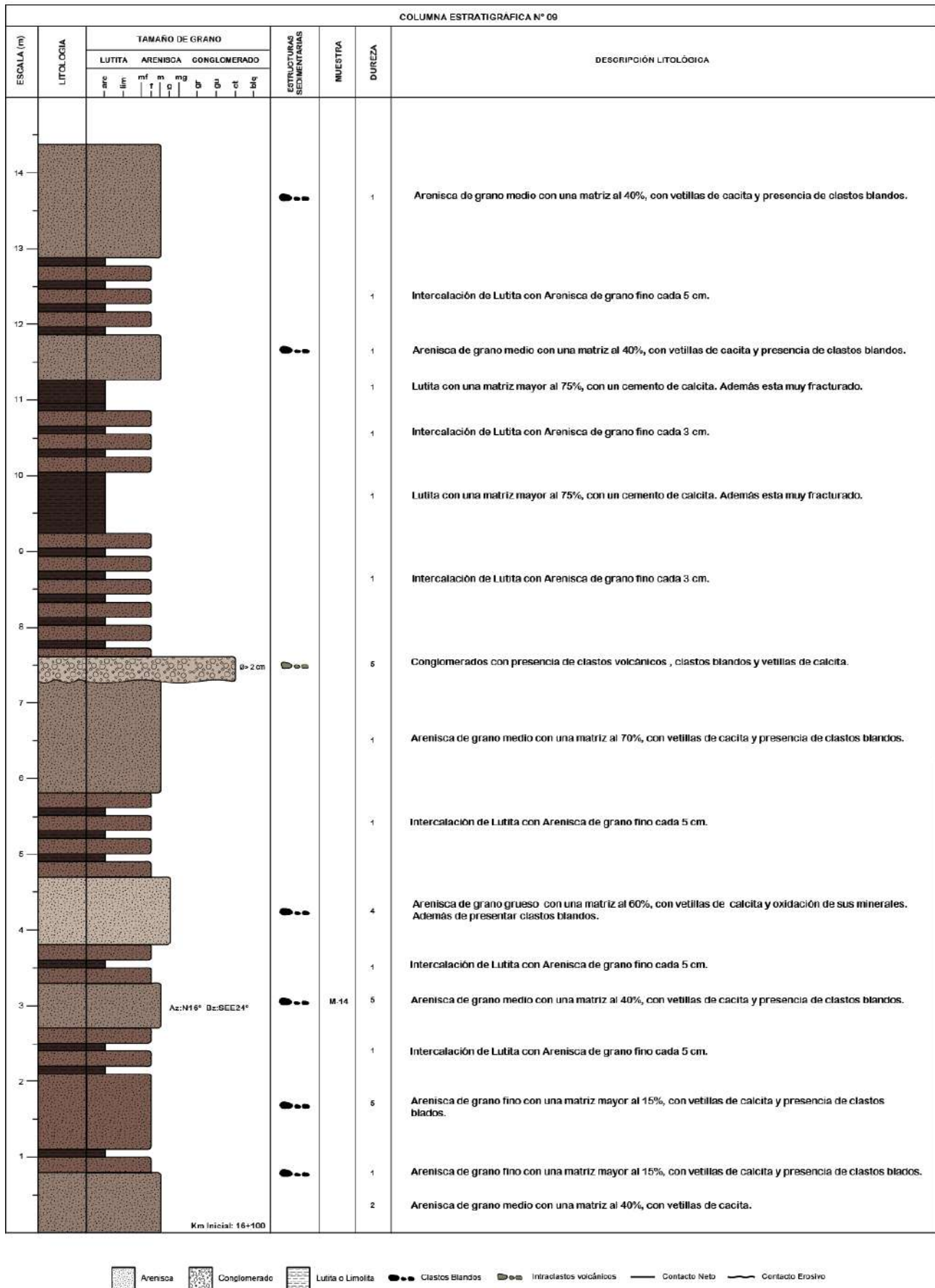


Ilustración 3. 16 Columna estratigráfica N° 9. Fuente Propia.



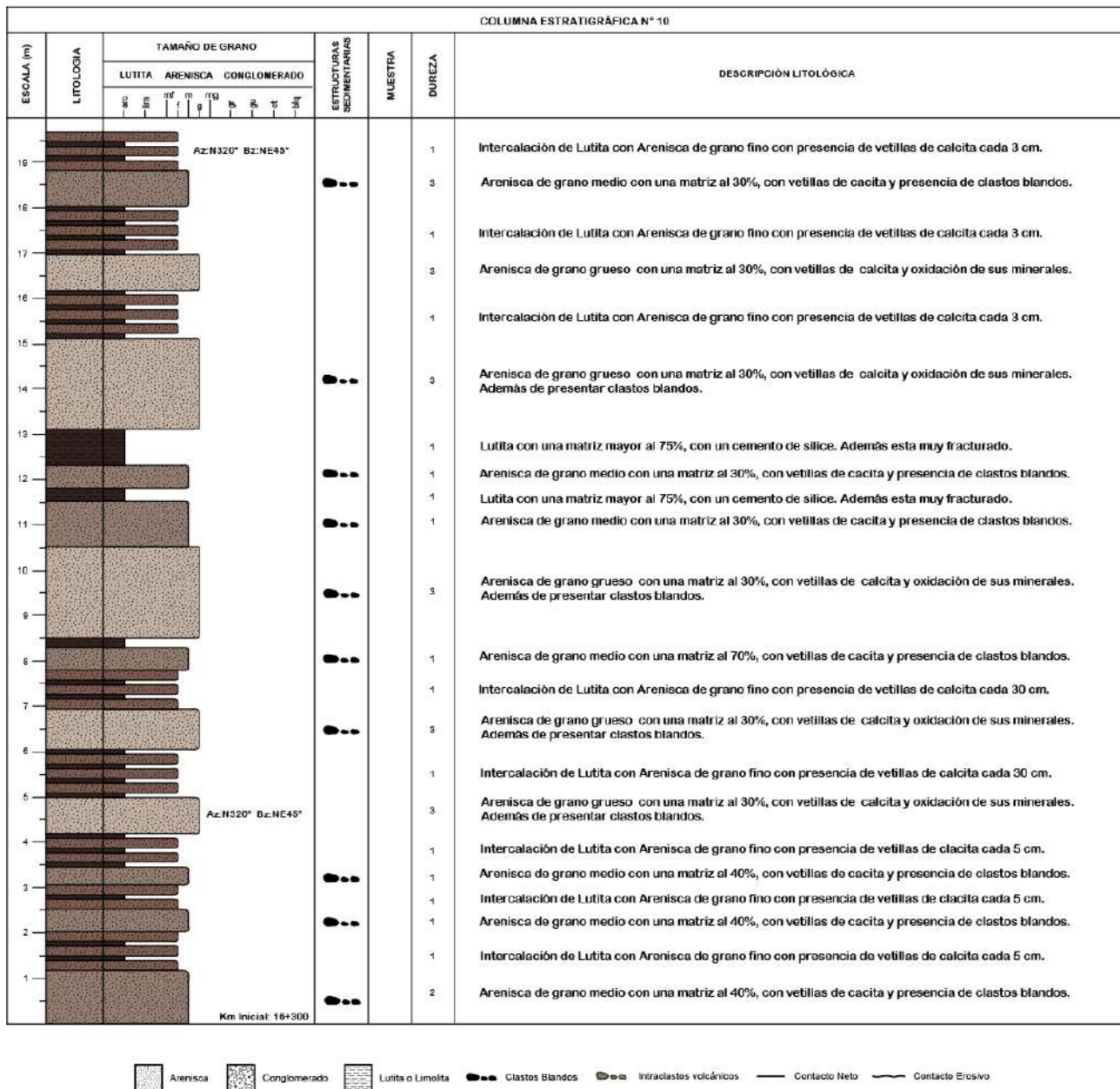


Ilustración 3. 17 Columna estratigráfica N° 10. Fuente Propia.

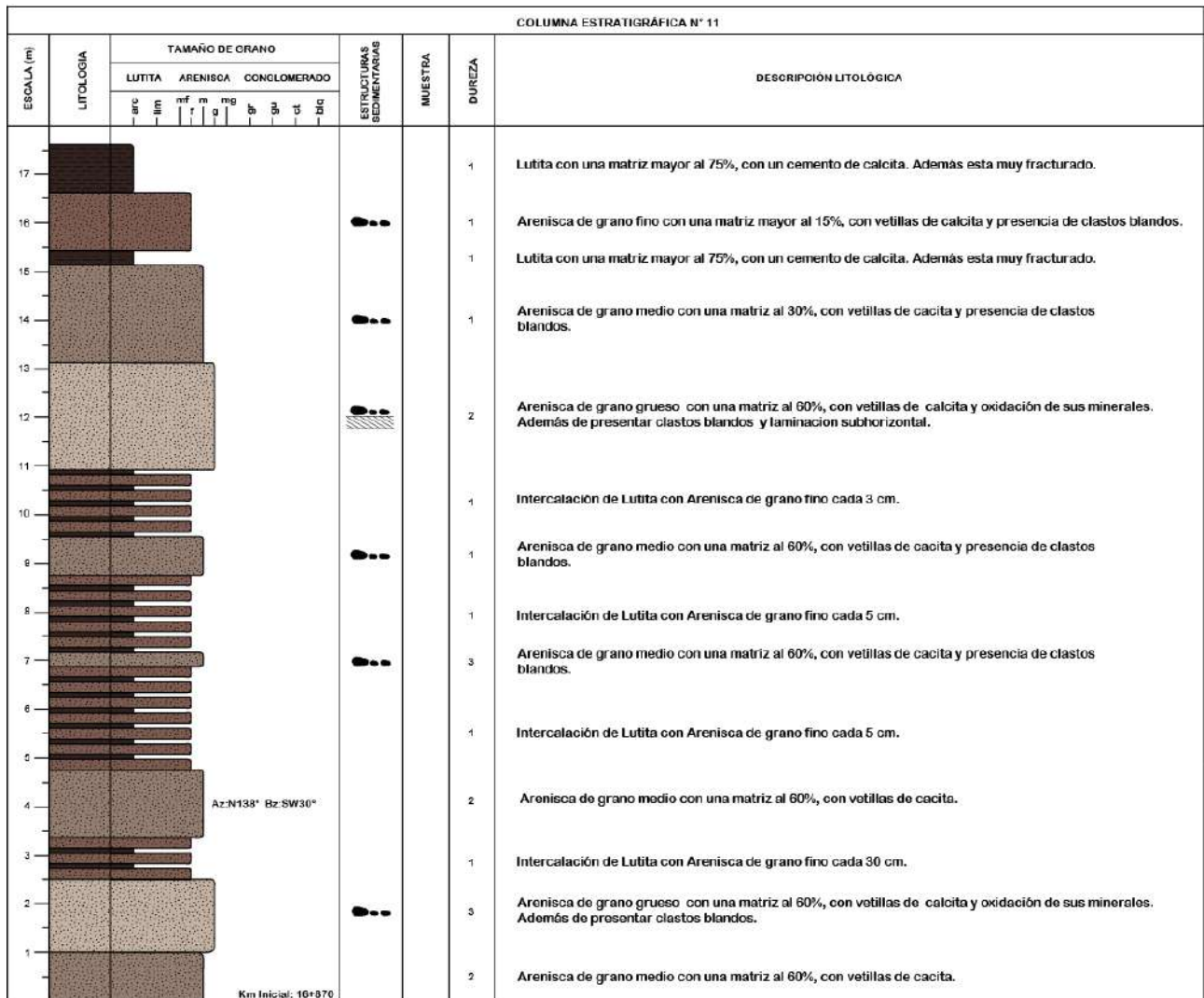


Ilustración 3. 18 Columna estratigráfica N° 11. Fuente Propia.

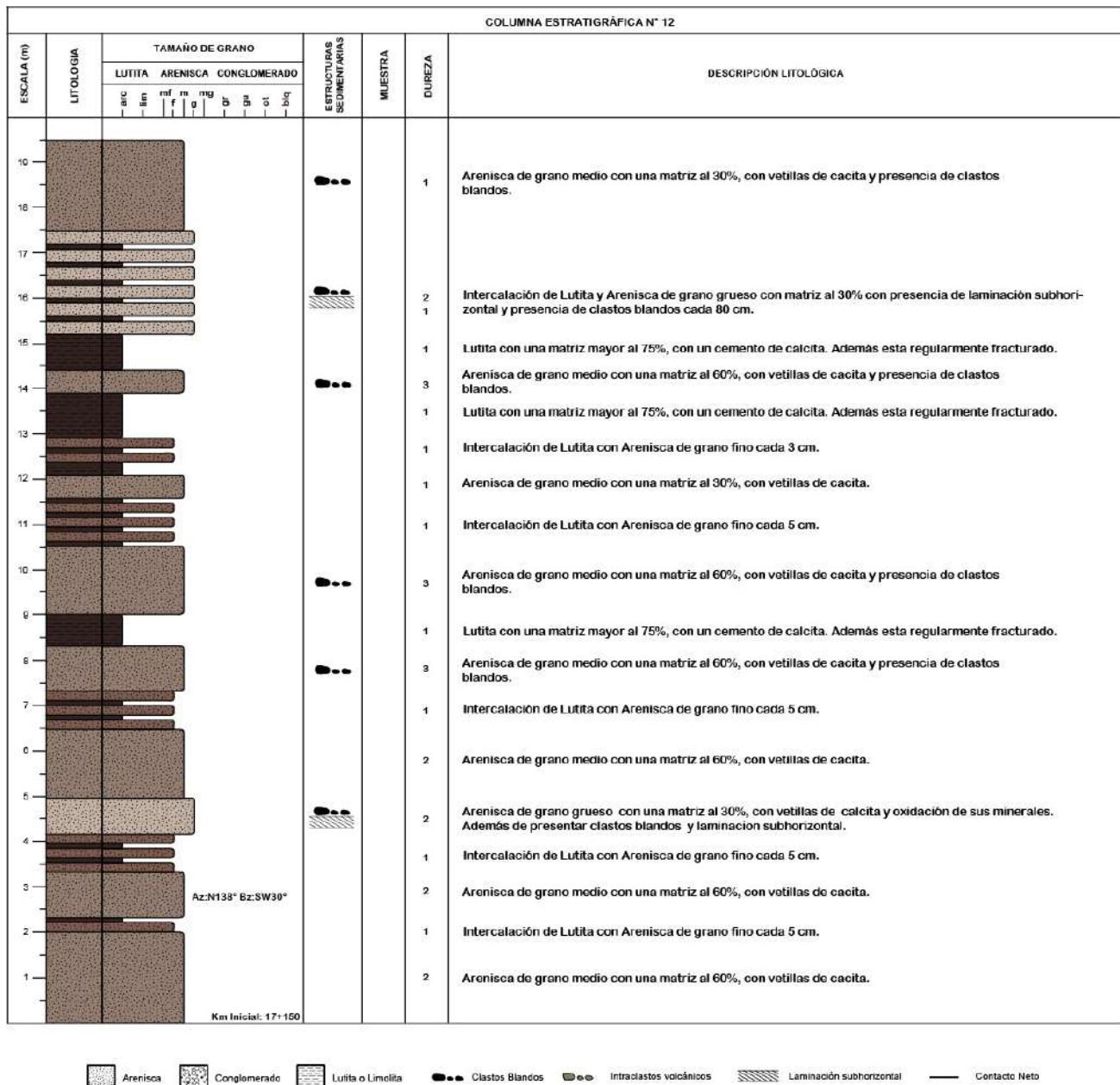


Ilustración 3. 19 Columna estratigráfica N° 12. Fuente Propia.



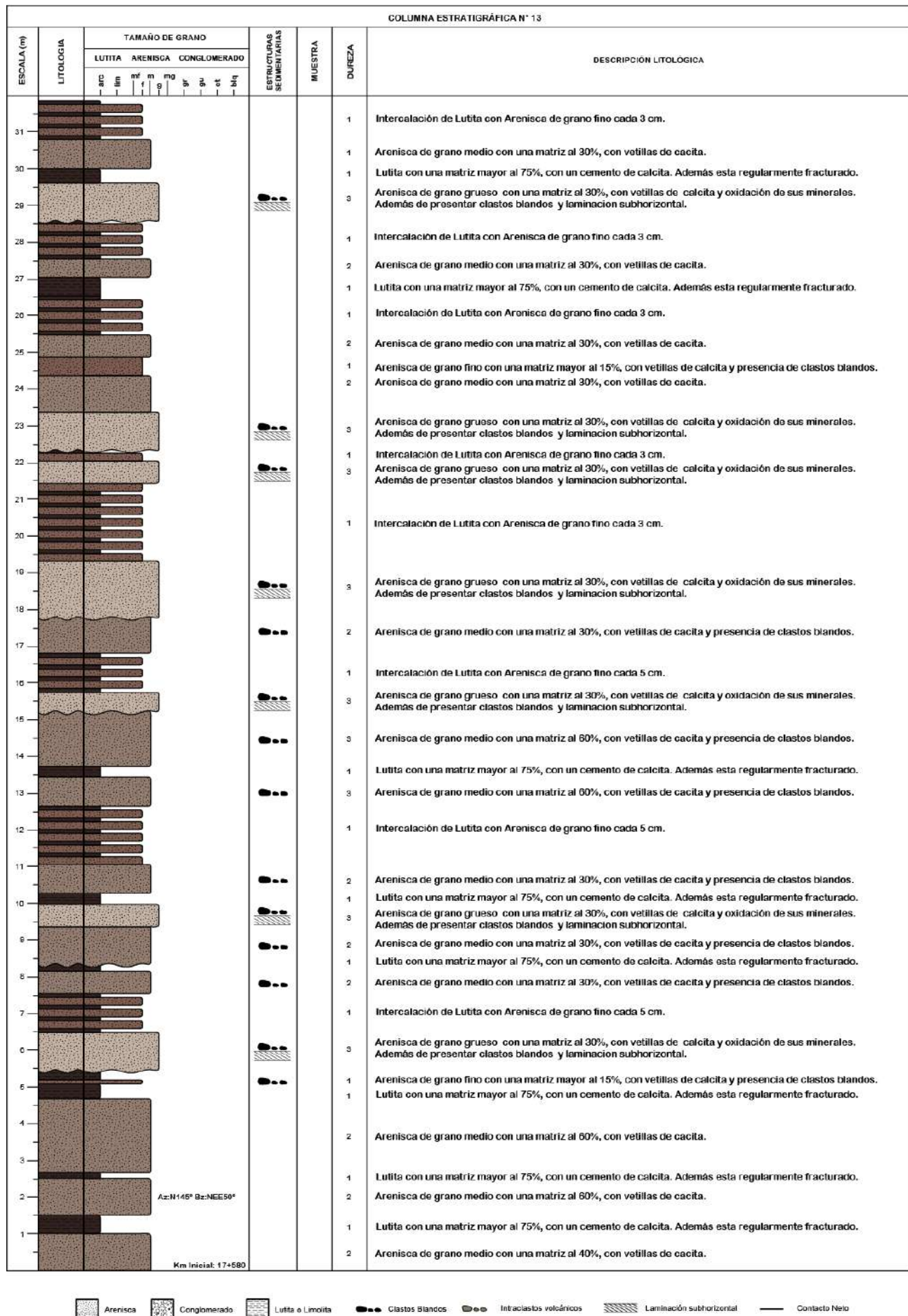


Ilustración 3. 20 Columna estratigráfica N° 13. Fuente Propia.



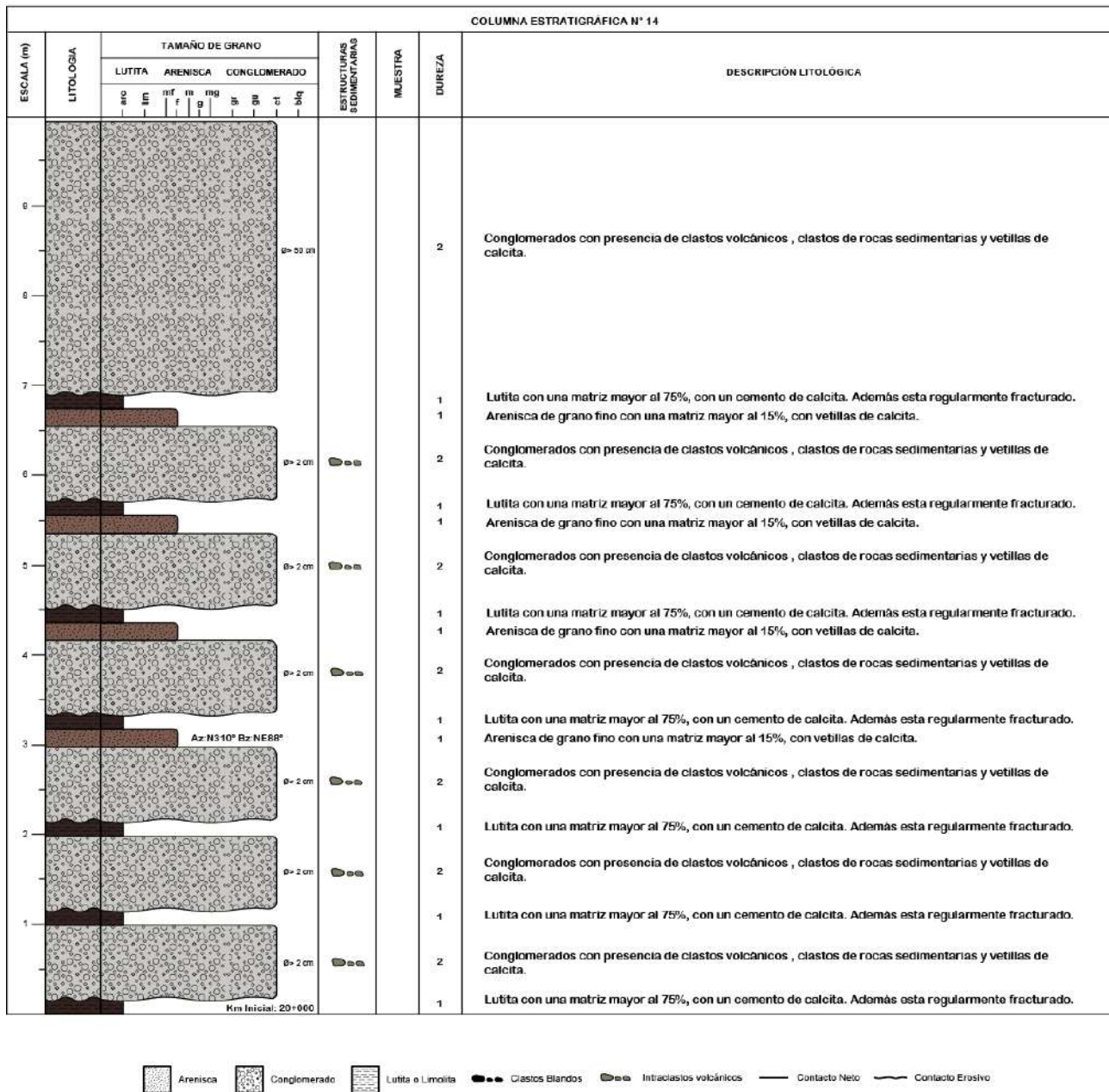


Ilustración 3. 21 Columna estratigráfica N° 14. Fuente Propia.

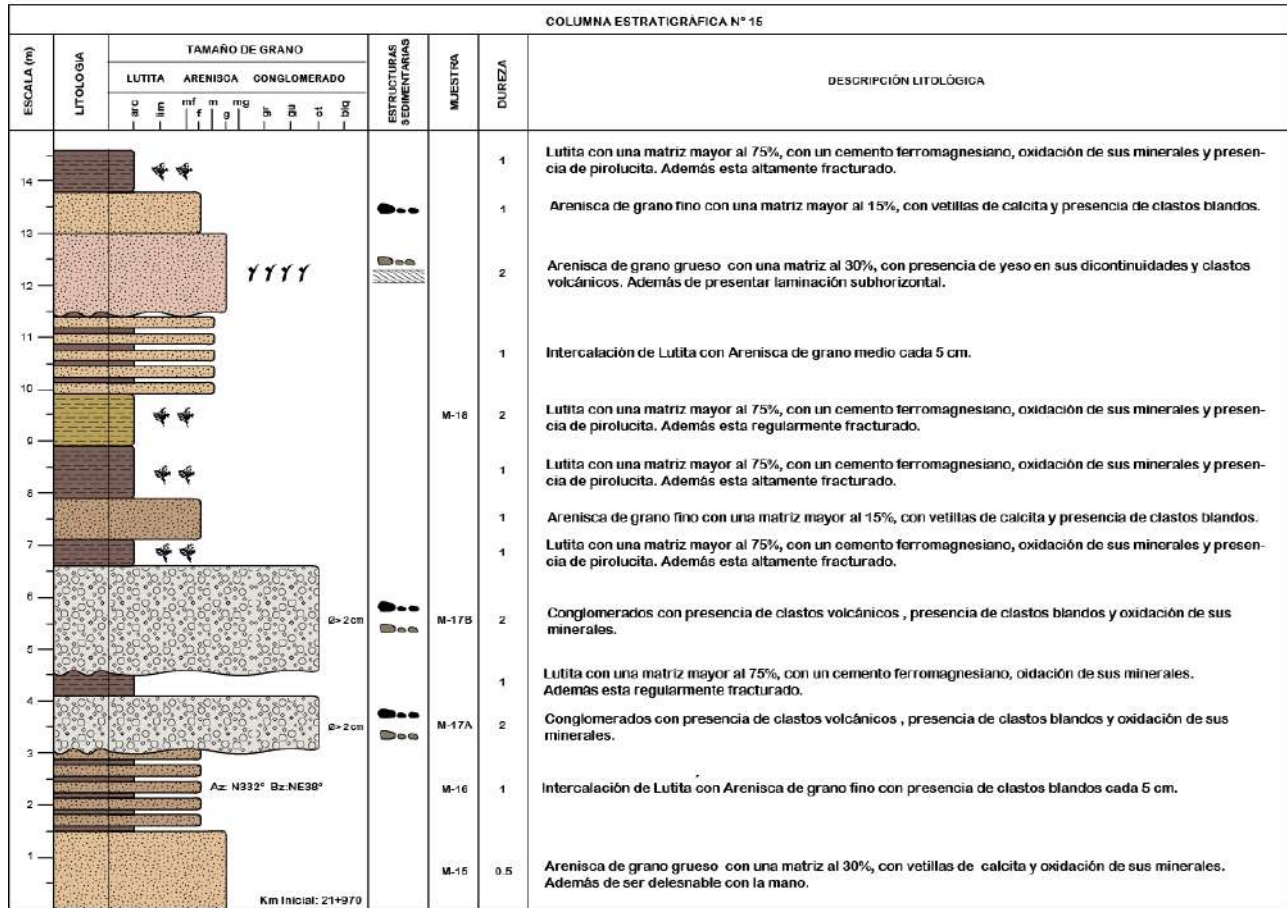


Ilustración 3. 22 Columna estratigráfica N° 15. Fuente Propia.

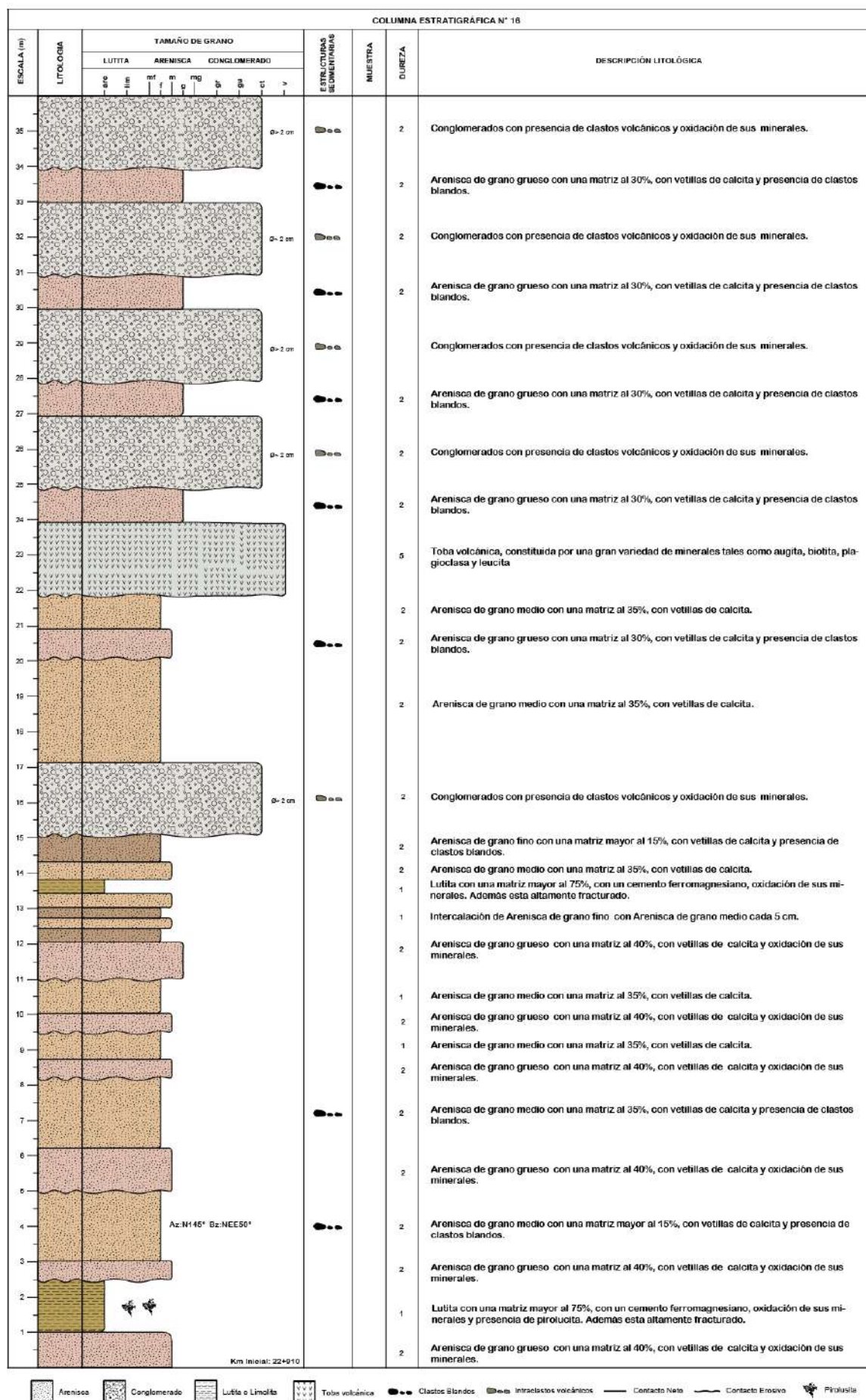


Ilustración 3. 23 Columna estratigráfica N° 16. Fuente Propia.



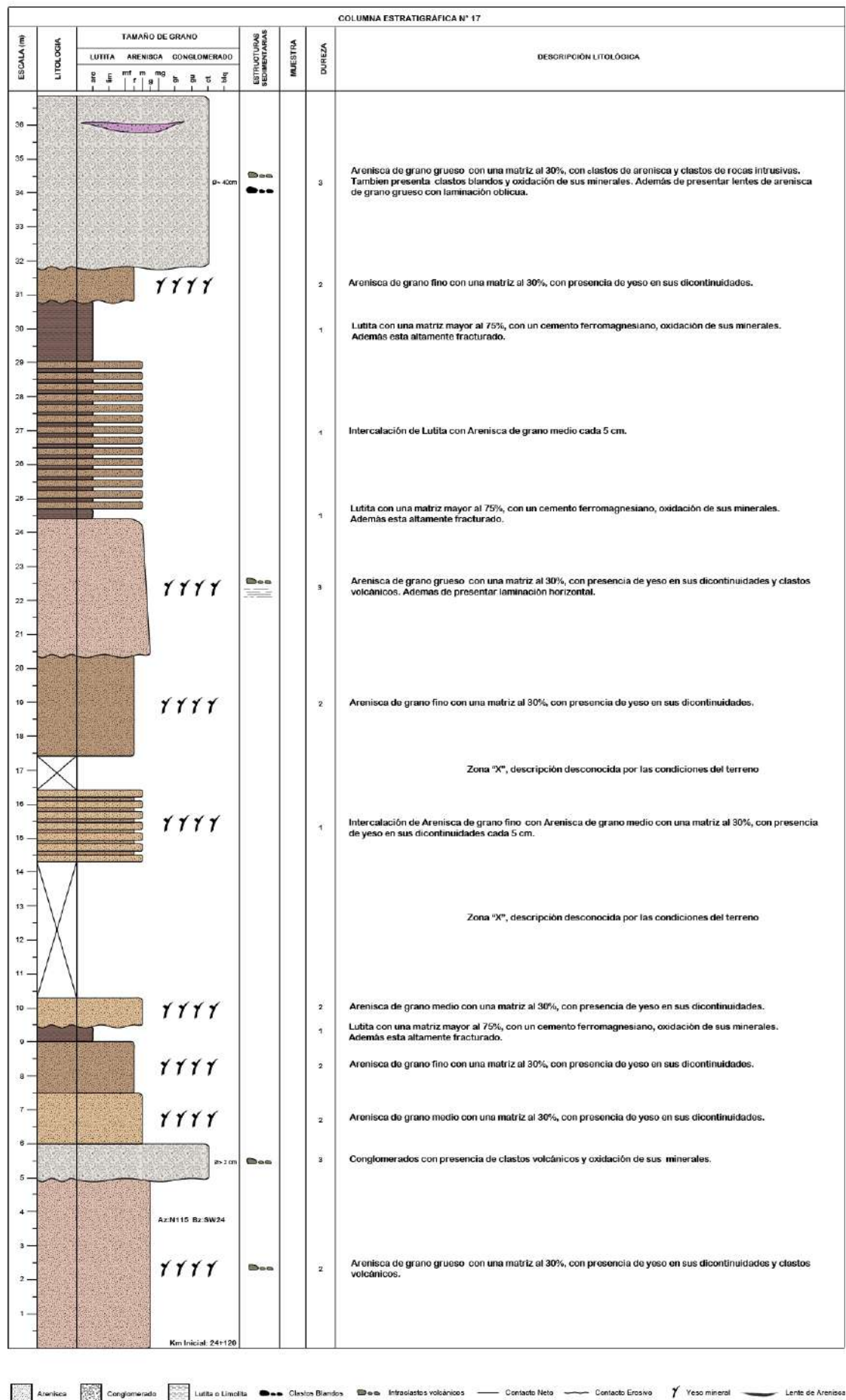
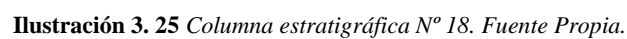



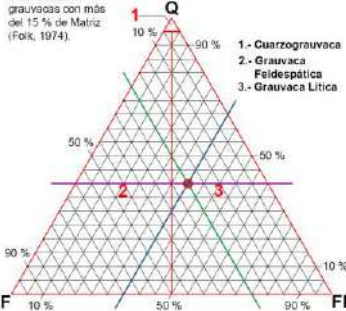



Ilustración 3. 24 Columna estratigráfica N° 17. Fuente Propia.




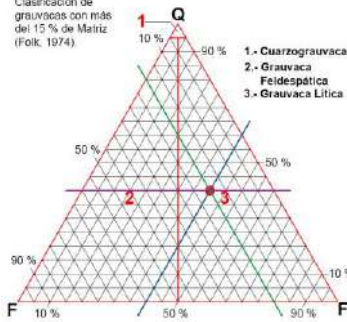





### 3.3.2. Descripción Petrográfica de Muestras de Mano


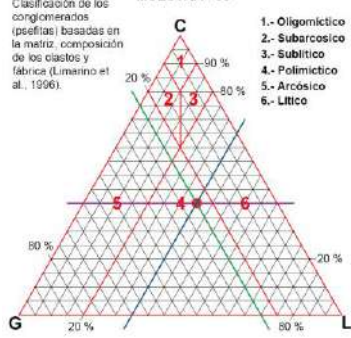



**Tabla 3. 3** Descripción petrográfica de la muestra N° 01. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-01	Progresiva:	Km 10+790	Coordenada X:	186644.69
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483578.22
			<p><b>MUESTRA - 01</b></p> <p>Clasificación de grauwacas con más del 15 % de Matriz. (Folk, 1974).</p>  <p>1.- Cuarzograuwaca 2.- Grauwaca Felsespática 3.- Grauwaca Lítica</p>		
<b>% de Matriz:</b>		> 15 %		<b>% de Cuarzo (Q):</b> 40% 	
<b>Tipo de Cementante:</b>		No se distingue		<b>% de Feldespatos (F):</b> 25% 	
<b>Tamaños de clastos:</b>		0.5 - 0.25 mm		<b>% de Fragmentos Rocosos (FR):</b> 35% 	
<b>Litología:</b>		Arenisca de grano medio		<b>Clasificación (Folk):</b> Grauwaca Lítica	
<b>Observaciones:</b> La muestra es deleznable con la acción de las manos y efervescer muy poco con HCl.					


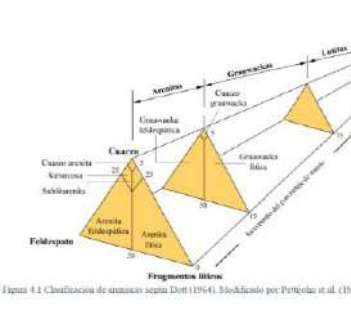
**Tabla 3. 4** Descripción petrográfica de la muestra N° 02. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-02	Progresiva:	Km 10+788	Coordenada X:	186643.00
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483578.96
			<p><b>MUESTRA - 02</b></p> <p>Clasificación de grauwácas con más del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p>  <p>1.- Cuarzograuwaca 2.- Grauwaca Felsespática 3.- Grauwaca Lítica</p>		
% de Matriz:		> 15 %		% de Cuarzo (Q): 40% 	
Tipo de Cementante:		No se distingue		% de Feldespatos (F): 20% 	
Tamaños de clastos:		0.5 - 0.25 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 40% 	
Litología:		Arenisca de grano medio		Clasificación (Folk): Grauwaca Lítica	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y no efervescer con HCl.					


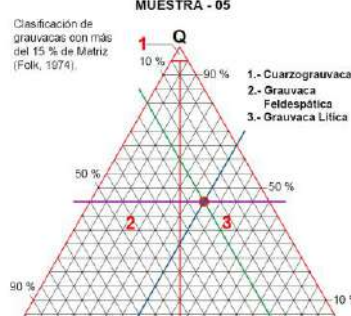



**Tabla 3. 5** Descripción petrográfica de la muestra N° 03. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-03	Progresiva:	Km 10+786	Coordenada X:	186641.52
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483579.70
			<p>Clasificación de los conglomerados (peñas) basadas en la matriz, composición de los clastos y fábrica (Limarino et al., 1996).</p> <p><b>MUESTRA - 03</b></p>  <p>1.- Oligomictico 2.- Subarcosico 3.- Sublítico 4.- Polimictico 5.- Arcosico 6.- Lítico</p>		
% de Matriz:	> 15 %		% de Cuarzo + Cuarzitas (C):	40%	
Tipo de Cementante:	No se distingue		% de Feldespatos, granitos (G):	25%	
Tamaños de clastos:	> 2 mm		% Otros Fragmentos Líticos (L):	35%	
Litología:	Conglomerado		Clasificación (Limarino et al.):	Polimictico	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y efervescer muy poco con HCl.					


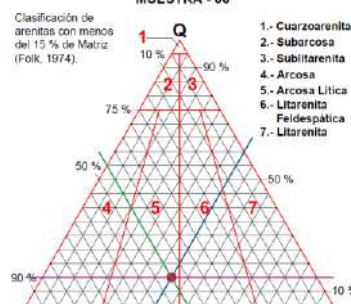



**Tabla 3. 6** Descripción petrográfica de la muestra N° 04. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-04	Progresiva:	Km 10+783	Coordenada X:	186639.83
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483580.44
					
% de Matriz:	> 75 %		% de Cuarzo (Q):	No se distingue	
Tipo de Cementante:	No se distingue		% de Feldespatos (F):	No se distingue	
Tamaños de clastos:	< 0.0625 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR):	No se distingue	
Litología:	Lutita o Limolita		Clasificación (Dott):	Lutita	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y efervescer muy poco con HCl.					

**Tabla 3. 7** Descripción petrográfica de la muestra N° 05. Fuente Propia.


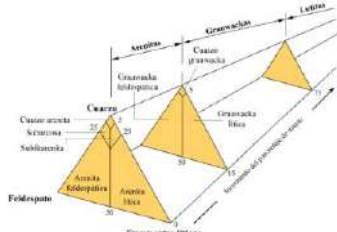
Muestra N°:	M-05	Progresiva:	Km 10+782	Coordenada X:	186638.56
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483580.76
			<p>MUESTRA - 05</p> <p>Clasificación de grauvacas con más del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p> 		
% de Matriz:	> 15 %		% de Cuarzo (Q):	45% 	
Tipo de Cementante:	No se distingue		% de Feldespatos (F):	20% 	
Tamaños de clastos:	0.5 - 0.25 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR):	35% 	
Litología:	Arenisca de grano medio		Clasificación (Folk):	Grauvaca Lítica	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y efervescer muy poco con HCl.					

**Tabla 3. 8** Descripción petrográfica de la muestra N° 06. Fuente Propia.





Muestra N°:	M-06	Progresiva:	Km 10+776	Coordenada X:	186634.75
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483581.29
			<div><p><b>MUESTRA - 06</b></p><p>Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p><p>1.- Cuarcarenita 2.- Subarcosa 3.- Sublitarenita 4.- Arcosa 5.- Arcosa Lítica 6.- Litarenita 7.- Litarenita Feldespática</p></div>		
% de Matriz:	< 15 %		% de Cuarzo (Q):	15% 	
Tipo de Cementante:	No se distingue		% de Feldespatos (F):	45% 	
Tamaños de clastos:	2 - 0.5 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR):	40% 	
Litología:	Arenisca de grano grueso		Clasificación (Folk):	Arcosa Lítica	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y no efervescer con HCl.					




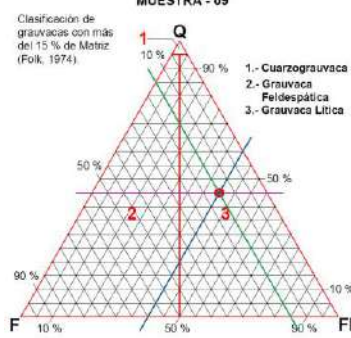



**Tabla 3. 9** Descripción petrográfica de la muestra N° 07. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-07	Progresiva:	Km 10+740	Coordenada X:	186600.56
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483578.65
			 <p>Figura 3.1 Clasificación de areniscas según Dott (1964). Modificado por Pettigrew et al. (1987).</p>		
% de Matriz:	> 75 %		% de Cuarzo (Q):	No se distingue	
Tipo de Cementante:	Silíceo		% de Feldespatos (F):	No se distingue	
Tamaños de clastos:	< 0.0625 mm		% de Fragmentos Roccosos (FR):	No se distingue	
Litología:	Lutita o Limolita		Clasificación (Dott):	Lutita	
Observaciones: La muestra no efervesce con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es muy dura.					

**Tabla 3. 10** Descripción petrográfica de la muestra N° 08. Fuente Propia.



Muestra N°:	M-08	Progresiva:	Km 10+739	Coordenada X:	186598.87
Columna N°:	Col-01	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8483578.43
			<p><b>MUESTRA - 08</b></p> <p>Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974)</p> <p>1.- Cuarzarenita 2.- Subarcosa 3.- Sublitarenita 4.- Arcosa 5.- Arcosa Lítica 6.- Litarenita 7.- Litarenita</p>		
% de Matriz:		< 15 %	% de Cuarzo (Q):		35% 
Tipo de Cementante:		Calcareo	% de Feldespatos (F):		35% 
Tamaños de clastos:		0.25 - 0.125 mm	% de Fragmentos Rocosos (FR):		30% 
Litología:		Arenisca de grano fino	Clasificación (Folk):		Arcosa Lítica
Observaciones: La muestra si efervesce con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es muy dura.					

**Tabla 3. 11** Descripción petrográfica de la muestra N° 09. Fuente Propia.


Muestra N°:	M-09	Progresiva:	Km 13+852	Coordenada X:	187404.14
Columna N°:	Col-05	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8482258.89
			<p><b>MUESTRA - 09</b></p> <p>Clasificación de grauvacas con más del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p> 		
% de Matriz:		> 15 %		% de Cuarzo (Q): 45% 	
Tipo de Cementante:		Calcáreo		% de Feldespatos (F): 15% 	
Tamaños de clastos:		0.25 - 0.125 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 40% 	
Litología:		Arenisca de grano fino		Clasificación (Folk): Grauvaca Lítica	
Observaciones: La muestra si efervesce con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es dura.					



**Tabla 3. 12 Descripción petrográfica de la muestra N° 10. Fuente Propia.**


Muestra N°:	M-10	Progresiva:	Km 13+855	Coordenada X:	187406.81
Columna N°:	Col-05	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8482258.51
			<div><p>MUESTRA - 10</p><p>Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p></div>		
% de Matriz:		< 15 %		% de Cuarzo (Q): 35%	
Tipo de Cementante:		Silíceo		% de Feldespatos (F): 25%	
Tamaños de clastos:		0.5 - 0.25 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 40%	
Litología:		Arenisca de grano medio		Clasificación (Folk): Litarenita Feldespática	
Observaciones: La muestra no efervesce con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es muy dura.					

**Tabla 3. 13 Descripción petrográfica de la muestra N° 11. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-11	Progresiva:	Km 13+858	Coordenada X:	187409.22
Columna N°:	Col-05	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8482258.51
					

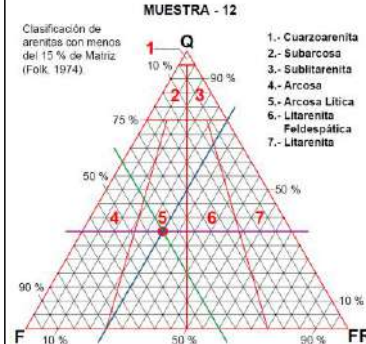
**Tabla 3. 14 Descripción petrográfica de la muestra N° 12. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-12	Progresiva:	Km 13+886	Coordenada X:	187434.87
Columna N°:	Col-05	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8482261.30



**MUESTRA - 12**

Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz. (Folk, 1974).


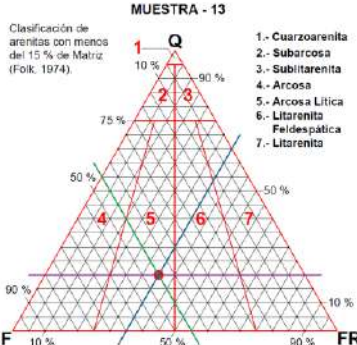


1.- Cuarzoarenita  
2.- Subarcosa  
3.- Sublitarénita  
4.- Arcosa  
5.- Arcosa Lítica  
6.- Litarénita  
7.- Litarénita Feldespática


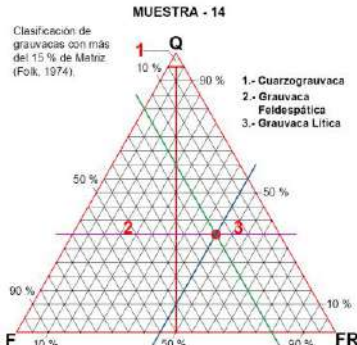
% de Matriz:	< 15 %	% de Cuarzo (Q):	35%
Tipo de Cementante:	Silíceo	% de Feldespatos (F):	40%
Tamaños de clastos:	0.5 - 0.25 mm	% de Fragmentos Rocosos (FR):	25%
Litología:	Arenisca de grano medio	Clasificación (Folk):	Arcosa Lítica

**Observaciones:** La muestra no efervesce con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es muy dura.






**Tabla 3. 15 Descripción petrográfica de la muestra N° 13. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-13	Progresiva:	Km 13+902	Coordenada X:	187441.73
Columna N°:	Col-05	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8482262.32
			<div><p>MUESTRA - 13</p><p>Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p></div>		
% de Matriz:		< 15 %		% de Cuarzo (Q): 20%	
Tipo de Cementante:		Calcáreo		% de Feldespatos (F): 45%	
Tamaños de clastos:		0.5 - 0.25 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 35%	
Litología:		Arenisca de grano medio		Clasificación (Folk): Grauvaca Lítica	
Observaciones: La muestra si efervescer con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es dura.					


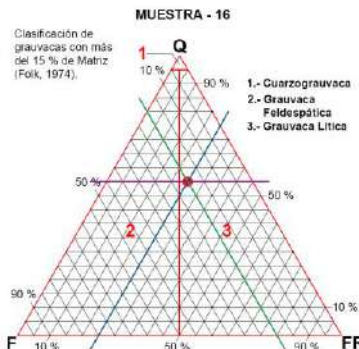



**Tabla 3. 16 Descripción petrográfica de la muestra N° 14. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-14	Progresiva:	Km 16+101	Coordenada X:	188608.83
Columna N°:	Col-09	Formación:	Sonco II	Coordenada Y:	8480654.19
			<p>MUESTRA - 14</p> <p>Clasificación de grauvacas con más del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p> 		
% de Matriz:		> 15 %		% de Cuarzo (Q): 35%	
Tipo de Cementante:		Calcáreo		% de Feldespatos (F): 20%	
Tamaños de clastos:		0.25 - 0.125 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 45%	
Litología:		Arenisca de grano fino		Clasificación (Folk): Grauvaca Lítica	
Observaciones: La muestra si efervescer con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es dura.					


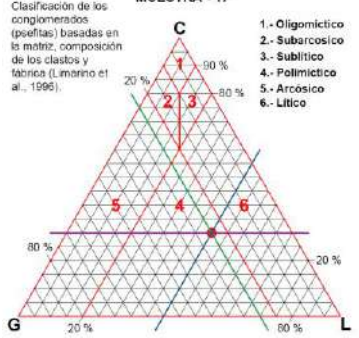



**Tabla 3. 17 Descripción petrográfica de la muestra N° 15. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-15	Progresiva:	Km 21+970	Coordenada X:	190485.30
Columna N°:	Col-15	Formación:	Paruro I	Coordenada Y:	8479134.97
			<div><p>MUESTRA - 15</p><p>Clasificación de arenitas con menos del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p></div>		
% de Matriz:		> 15 %		% de Cuarzo (Q): 40% 	
Tipo de Cementante:		No se distingue		% de Feldespatos (F): 30% 	
Tamaños de clastos:		0.5 - 0.25 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR): 30% 	
Litología:		Arenisca de grano medio		Clasificación (Folk): Litarénita Feldespática	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y no efervescer con HCl.					


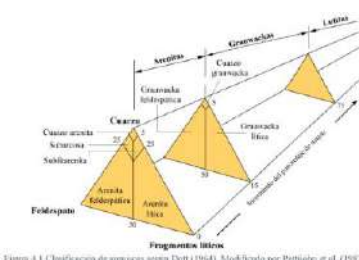
**Tabla 3. 18 Descripción petrográfica de la muestra N° 16. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-16	Progresiva:	Km 21+971	Coordenada X:	190486.79
Columna N°:	Col-15	Formación:	Paruro I	Coordenada Y:	8479133.38
			<div><p>MUESTRA - 16</p><p>Clasificación de grauvacas con más del 15 % de Matriz (Folk, 1974).</p><p>1.- Guarzogruauvaca 2.- Grauvaca Feldespática 3.- Grauvaca Lítica</p></div>		
% de Matriz:	> 15 %		% de Cuarzo (Q):	55% 	
Tipo de Cementante:	Calcáreo		% de Feldespatos (F):	20% 	
Tamaños de clastos:	0.25 - 0.125 mm		% de Fragmentos Rocosos (FR):	25% 	
Litología:	Arenisca de grano fino		Clasificación (Folk):	Grauvaca Lítica	
Observaciones: La muestra si efervescer con el HCl (Ácido Clorhídrico) y es algo dura.					






**Tabla 3. 19 Descripción petrográfica de la muestra N° 17. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-17	Progresiva:	Km 21+974	Coordenada X:	190488.16
Columna N°:	Col-15	Formación:	Paruro I	Coordenada Y:	8479131.90
			<div><p>MUESTRA - 17</p><p>Clasificación de los conglomerados (poefitas) basadas en la matriz, composición de los clastos y fabrica (Limarino et al., 1996).</p><p>1.- Oligomictico 2.- Subarcosico 3.- Sublítico 4.- Polimictico 5.- Arcosico 6.- Lítico</p></div>		
% de Matriz:		< 15 %		% de Cuarzo + Cuarcitas (C): 30% 	
Tipo de Cementante:		No se distingue		% de Feldespatos, granitos (G): 25% 	
Tamaños de clastos:		> 2 mm		% Otros Fragmentos Líticos (L): 45% 	
Litología:		Conglomerado		Clasificación (Limarino et al.): Polimictico	
Observaciones: La muestra es deleznable con la acción de las manos y efervescer muy poco con HCl.					

**Tabla 3. 20 Descripción petrográfica de la muestra N° 18. Fuente Propia.**

Muestra N°:	M-18	Progresiva:	Km 13+978	Coordenada X:	190490.81		
Columna N°:	Col-15	Formación:	Paruro I	Coordenada Y:	8479129.26		
			 <p>Figura 3.1. Clasificación de lutitas según Dott (1964). Modificado por Pettijohn et al. (1987).</p>				
<b>% de Matriz:</b>		<b>&gt; 75 %</b>		<b>% de Cuarzo (Q):</b>		<b>No se distingue</b>	
<b>Tipo de Cementante:</b>		<b>Ferroso</b>		<b>% de Feldespatos (F):</b>		<b>No se distingue</b>	
<b>Tamaños de clastos:</b>		<b>&lt; 0.0625 mm</b>		<b>% de Fragmentos Rocosos (FR):</b>		<b>No se distingue</b>	
<b>Litología:</b>		<b>Lutita o Limolita</b>		<b>Clasificación (Dott):</b>		<b>Lutita</b>	
<b>Observaciones:</b> No efervescer con HCl, presenta una coloración naranja y hay pirolusita.							

**Tabla 3. 21** Descripción petrográfica de la muestra N° 19. Fuente Propia.

Muestra N°:	M-19	Progresiva:	Km 23+040	Coordenada X:	191112.70
Columna N°:	Col-16	Formación:	Paruro I	Coordenada Y:	8478396.72
			<div>MUESTRA - 19</div> <div>Clasificación de tobas y cenizas (Schmid, 1961)</div> 		
% de Matriz:	-	% de Vidrio:	75%		
Tipo de Cementante:	-	% de Cristales:	20%		
Tamaños de clastos:	< 0.0625 mm	% de Fragmentos de rocas:	5%		
Litología:	Toba fina	Clasificación (Schmid):	Toba o Ceniza Vítreo		
Observaciones: Macroscópicamente sólo se pudo apreciar minerales de biotita.					

Como se ha podido apreciar en las columnas estratigráficas y muestras de mano, nuestra zona de estudio está caracterizada por intercalaciones de areniscas, lutitas o limolitas con algunos estratos de conglomerados. La gran mayoría de las areniscas, tanto las pertenecientes a la formación Sonco, miembro II y Paruro, miembro I, presentan un alto contenido en matriz mayor al 15 %, que según la clasificación de Folk (1974) y Dott (1964), pertenecerían al grupo de las rocas grauvas, en concreto grauvas líticas. Algunas areniscas presentan un bajo contenido en matriz, menor al 15 %, que según la clasificación de Folk (1974) y Dott (1964) pertenecen al grupo de las Arcosas, dentro de este grupo las muestras se encuentran clasificadas dentro de las subclases arcosa lítica y litarenita feldespática. En la columna N° 16 se encontró un estrato de roca piroclástica que según la clasificación de Schmid (1981) sería una toba vítrea de grano fino.





## **CAPÍTULO IV**

# **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### 4.1. Generalidades

El territorio peruano se encuentra ubicado en la parte occidental-centro de América del Sur. Cerca de sus costas, la Placa Tectónica de Nazca subduce bajo la Placa Tectónica Sudamericana, este fenómeno ha hecho del territorio peruano una zona de mucha actividad tectónica que se traduce en varios sistemas de fallas y pliegues muy complejos que se extienden por todo el territorio. En la zona de estudio se encuentran fallas y pliegues muy importantes como la falla Paruro, la falla Miska de reciente actividad, etc. Abordaremos este capítulo primero desde un contexto regional, presentando los dominios estructurales que se encuentran próximos a nuestra zona de estudio; para terminar en un enfoque local, que afecta más a la carretera.

#### 4.2. Marco Tectónico Regional

Carlotto (2006) indica, refiriéndose a la región de Cusco y Abancay que “existe una yuxtaposición de dominios estructurales o bloques que presentan, cada una, sus evoluciones sedimentarias, estructurales y magmáticas propias. El límite de estos grandes dominios está marcado por sistemas complejos de fallas” (p. 94). De igual manera Carlotto et al. (2011), cuando hace el estudio del cuadrángulo del Cusco, hoja 28 - s, divide el cuadrángulo en cuatro dominios estructurales, los cuales pasamos a describir a continuación por estar, nuestra zona de estudio, en una de ellas.

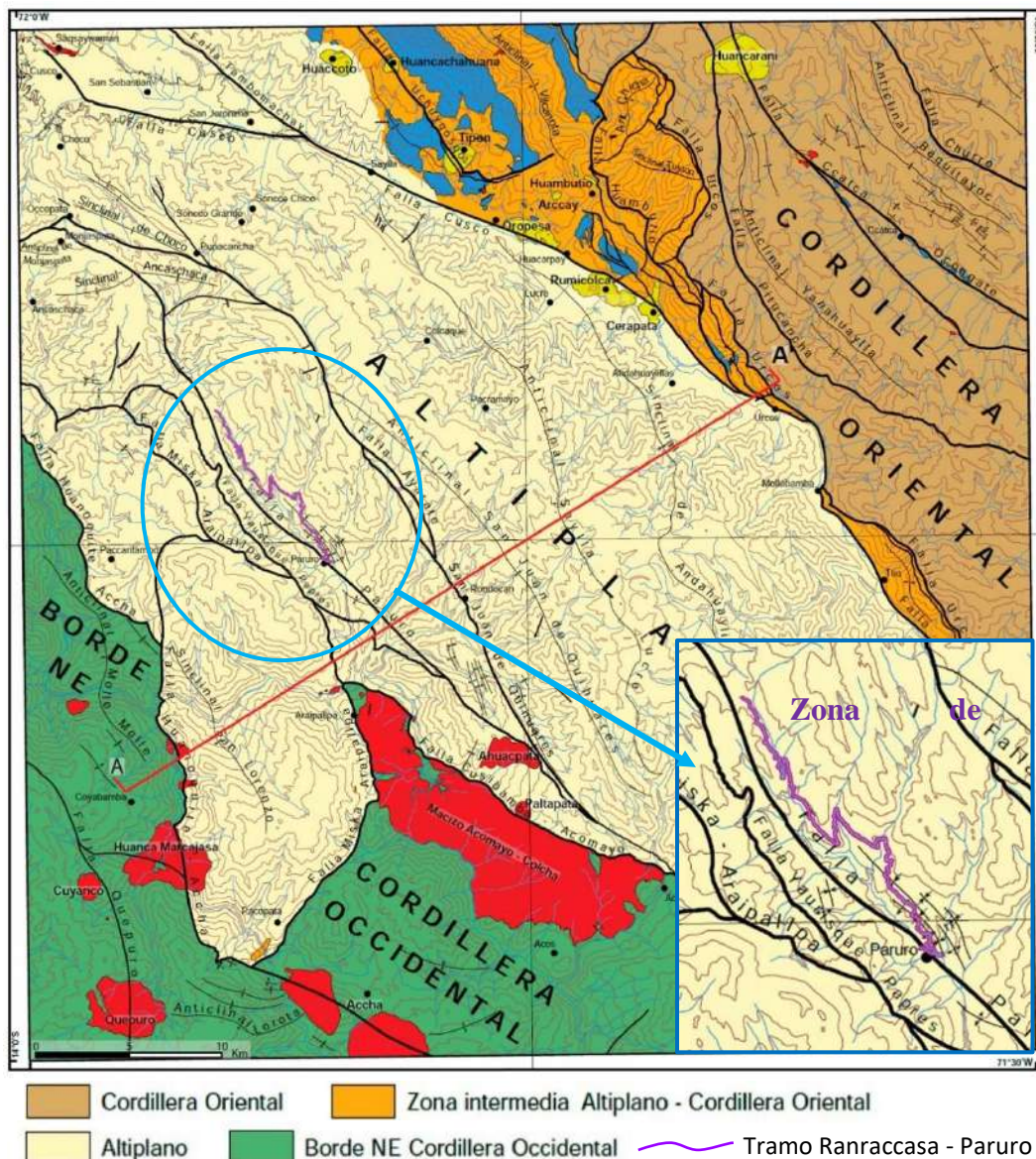


Ilustración 4.1 Mapa de dominios estructurales del cuadrángulo de Cusco. Tomado de Carlotto et al. (2011).



#### **4.2.1. Dominios Estructurales**

##### **Cordillera Oriental**

(Carlotto, 2006; Carlotto et al., 2011)

Se encuentra al extremo noreste del cuadrángulo del Cusco, se caracteriza por la presencia de anticlinales y sinclinales, como el Anticlinal de Yanahuaylla y el Anticlinal de Baquityayoc, con direcciones NO-SE, fallas inversas como la Falla Pitucancha, Falla Ccatca - Ocongate, Falla Churo, etc. también con direcciones NO-SE y que afectan las pizarras de la Formación Ananea de edades Siluro - Devoniano y a las cuarcitas y diamactitas de la Formación Ccatca de edad Devónico terminal.

La Cordillera Oriental está controlada por la Falla Urcos, al suroeste, la cual le pone en contacto con la zona intermedia del Altiplano - Cordillera Oriental.

La deformación que ha experimentado toda esta zona se debe sobre todo a la tectónica compresiva denominada por Marocco (1978) como tectónica Eoherciniana del Devónico Terminal. Pero esta no habría sido la única. Según Carlotto (1998) y Sempere et al. (2002) la Cordillera Oriental es el resultado de la inversión tectónica del rift Triásico - Jurásico ocurrida durante la deformación Andina, hecho que habría producido que afloren rocas de mayor profundidad y antigüedad, erosionándose los estratos de edades Meso-Cenozoicas, dicha inversión habría comenzado en el Paleoceno superior o Eoceno inferior.

##### **Zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental**

(Carlotto, 1998; Carlotto, 2006; Carlotto et al., 2011)

Como su nombre lo indica, este dominio estructural se encuentra entre la Cordillera Oriental y el Altiplano, se caracteriza por la presencia de afloramientos mesozoicos del Jurásico y Cretácico como las formaciones del Grupo Mitu, Formación Pisac, Pachatusan, o las formaciones del Grupo Yuncaypata. Formación Ayabacas, Maras, u otras formaciones como Formación Huambutio Huancané, etc. Desde el punto de vista tectónico la zona se encuentra caracterizado por el Anticlinal de Vilcanota, los sistemas de fallas que se encuentran forman parte del sistema de fallas regional Urcos - Sicuani - Ayaviri de dirección NO-SE.

##### **Altiplano**

(Carlotto, 1998; Carlotto, 2006; Carlotto et al., 2011)

Este dominio estructural ocupa gran parte del cuadrángulo del Cusco. Por el noreste limita con la Falla de Vilcanota, con parte de la Falla Cusco y con parte de la Falla Uchuyqosqo, estas fallas forman parte del sistema de fallas regional Urcos - Sicuani - Ayaviri con dirección NO - SE. Al sur, el dominio estructural, limita con la Cordillera Occidental y está separada de ésta por las fallas de Pomacanchi, Cusibamba - Acomayo, ambas de dirección NO - SE, por la Falla Miska - Araipallpa, de dirección N-S y por la Falla Huanoquite - Accha, de dirección NNO - SSE, todas ellas pertenecientes al sistema de falla regional Cusco - Lagunillas - Mañazo.

Gracias a estos dos sistemas de fallas, se debe la existencia de un conjunto de pliegues y fallas que afectan las capas rojas del Grupo San Jerónimo, a las Formaciones Punacancha, Paccaritambo y Paruro todas ellas de edades comprendidas entre el Eoceno Medio al Mioceno Superior.

Los pliegues que resaltan son, el Sinclinal de San Juan de Quihuas y de Andahuaylilla, separados por el Anticlinal de Saylla - Lucre, estos pliegues tienen la forma de un cofre ya que se encuentran “abiertos”; hacia el NO los pliegues se encuentran “apretados” como el Anticlinal de Monjastapa, que tiene una orientación E - O, a su vez este anticlinal se encuentra asociado al sinclinal de Ancaschaca por el sur, y con



el Sinclinal de Choco por el norte, otros pliegues importantes son el Anticlinal de Paruro y el Sinclinal de San Lorenzo (Carlotto et al., 2011), que se ubican próximos al centro poblado de Paruro. El sinclinal de Paruro cabalga a través de la falla Anyarate-San Juan de Quihuas sobre el sinclinal San Juan de Quihuas que contiene en su seno a la Formación Punacancha (Carlotto et al., 2011).

Las fallas más importantes son, la falla Miska - Araipallpa y Huanquite - Accha ubicadas en el contacto con el borde Noreste de la Cordillera Occidental, tienen una dirección de N - S. Otras fallas importantes son la Falla de Yaurisque - Papres y la falla Paruro que se encuentra, en su gran mayoría, sellada por la Formación de Paruro (Carlotto et al., 2011).

### **Borde noreste de la Cordillera Occidental**

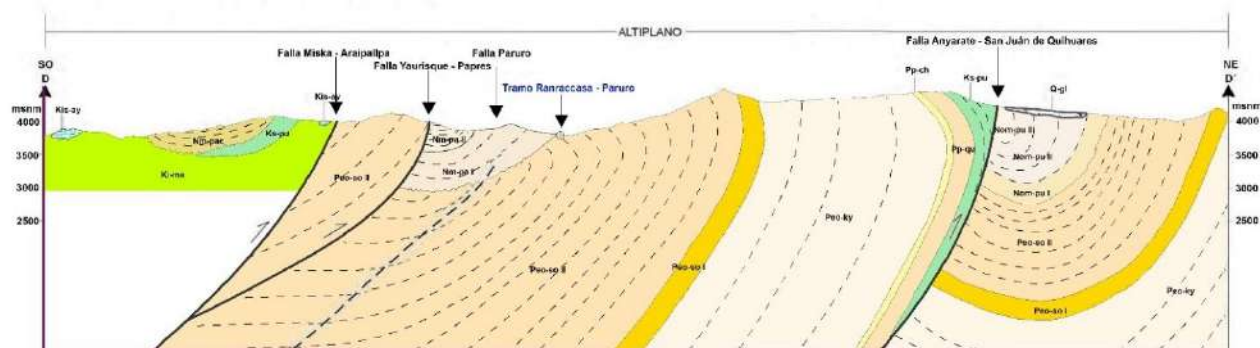
(Carlotto, 2006; Carlotto et al., 2011)

Este dominio estructural se encuentra ubicado al suroeste del cuadrángulo del Cusco, está separado del Altiplano por las fallas de Huanquite - Accha de orientación NO - SE, Miska - Araipallpa de orientación N - S y por la falla Pomacanchis y Acomayo con orientación NO - SE., este conjunto de fallas pertenece al sistema de fallas regional Cusco - Lagunillas - Mañazo.

Las rocas que afloran en esta zona y que son controladas por estos sistemas de fallas y pliegues son las rocas de la Formaciones Ferrobamba, Soraya, Anta y del Grupo Tacaza

#### **4.2.2. Estructuras Regionales**

Como ya hemos observado, en el apartado de “Dominios Estructurales”, la zona de estudio está rodeado por un sinnúmero de fallas y pliegues de diferentes dimensiones, en este apartado vamos a describir algunas de estas estructuras basándonos en trabajos anteriormente realizados.



**Ilustración 4. 2** Sección Geológica donde se observa las principales Fallas Regionales. Tomado de Carlotto et al. (2011).

### **Falla Miska-Araipallpa**

(Carlotto et al., 2011)

La falla Miska-Araipallpa tiene una dirección N-S, forma parte del sistema de fallas Cusco - Lagunillas - Mañazo (C-L-M), divide al dominio estructural del Altiplano del dominio estructural conocido como Borde noreste de la Cordillera Occidental. La falla Miska-Araipallpa se une a la falla Cusibamba-Acomayo formando una zona triangular, donde aflora la formación Anta.

### **Falla Yaurisque-Papres**

(Carlotto et al., 2011)

La falla Yaurisque-Papres tiene una dirección NO-SE, al igual que la falla Miska-Araipallpa forma parte del sistema de fallas Cusco - Lagunillas - Mañazo (C-L-M), controla los afloramientos de la formación



Paruro y es posible que haya controlado la evolución de la cuenca Paruro. La falla Yaurisque-Papres, junto a la falla Miska-Araipallpa y a la falla Anyarate-San Juan de Quihuarens encajonan a la formación Sonco, haciendo posible su afloramiento.

### **Falla Paruro**

(Carlotto et al., 2011)

La falla Paruro presenta una dirección NO-SE, paralela a la falla Yaurisque-Papres y perteneciente al mismo sistema de fallas. Se encuentra sellada por la formación Paruro. Entre las fallas de Cusibamba-Acomayo y la falla Paruro, existen cuerpos intrusivos con anomalías de cobre, molibdeno y zinc, interesantes para la exploración.

### **Falla Anyarate-San Juan de Quihuarens**

(Carlotto et al., 2011)

La falla Anyarate-San Juan de Quihuarens tiene una dirección NO-SE, se une a las fallas Paruro y Cusibamba-Acomayo para prolongarse hacia el sur mediante la falla Pomacanchis. La falla Anyarate-San Juan de Quihuarens produce un cabalgamiento de las formaciones Puquín y Quilque sobre la formación Punacancha, controlando los afloramientos de dichas formaciones. Carlotto et al. (2011) interpreta que esta falla “controló la sedimentación de la cuenca Punacancha en el Oligoceno-Mioceno”.

### **Sinclinal Paruro**

(Carlotto et al., 2011)

El Sinclinal Paruro se encuentra cortado por la falla Yaurisque-Papres cerca al centro poblado de Paruro, flanco suroeste, produciendo un cabalgamiento de la formación Sonco, miembro II, sobre la formación Paruro. En el flanco noreste afloran las formaciones de Puquín, Quilque, Chilque y las capas rojas del grupo San Jerónimo. En el eje del sinclinal la formación Paruro sobreyace en discordancia angular al grupo San Jerónimo.



**Foto 4. 1** Flanco noreste del sinclinal Paruro. Fuente Propia.

### **Sinclinal Anyarate-San Juan de Quihuarens**

(Carlotto et al., 2011)

El sinclinal de San Juan de Quihuare contiene en su seno a la formación Punacancha, se encuentra controlada por la falla del mismo nombre, falla que a permitido el afloramiento de formaciones como Puquín, Quilque y Chilque próximo al centro poblado de San Juan de Quihuare, según Carloto (2006) el sinclinal de Anyarate-San Juan de Quihuare es un pliegue de amortiguamiento.

#### 4.3. Marco Tectónico Local

En la zona de estudio se ha podido apreciar varias estructuras tectónicas, muchas de estas estructuras son las causas, en gran parte, de la actividad geodinámica externa presente en la carretera, se ha podido identificar fallas, pliegues, y gracias al cambio de dirección y buzamiento de los estratos se ha podido inferir la presencia de ciertos pliegues.

**Tabla 4. 1 Geología estructural local, Progresiva 09+240 - 14+290. Fuente Propia.**

<i>Geología Estructural Local</i>				
<i>Código</i>	<i>Progresiva</i>	<i>Tipo de Estructura</i>	<i>Az</i>	<i>Bz</i>
Es-001	09+240	Estratificación	155	SW 80
Es-002	09+690	Estratificación	160	SW 55
Es-003	10+770	Estratificación	150	SW 85
Es-004	11+440	Falla Normal	35	SE 70
Es-005	11+650	Falla Normal	85	SE 72
Es-006	12+510	Estratificación	150	SW 65
Es-007	12+780	Falla Normal	150	SW 40
Es-008	12+790	Estratificación	5	SEE 80
Es-009	12+940	Anticlinal Inferido		
Es-010	13+050	Falla Normal	135	SW 30
Es-011	13+080	Estratificación	165	NE 75
Es-012	13+170	Estratificación	340	NE 88
Es-013	13+700	Estratificación	330	NE 60
Es-014	13+730	Estratificación	340	NE 65
Es-015	14+290	Estratificación	345	NE 75



**Foto 4. 2 Falla normal en los afloramientos de la formación Sonco II, progresiva 11+440. Fuente Propia.**

**Tabla 4. 2** *Geología estructural local, Progresiva 14+550 - 16+380. Fuente Propia.*

<b>Geología Estructural Local</b>				
<b>Código</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Az</b>	<b>Bz</b>
Es-016	14+550	Estratificación	5	SEE 45
Es-017	14+550	Falla Normal	265	SSE 85
Es-018	14+555	Falla Normal	268	SSE 82
Es-019	14+910	Flanco de Anticlinal	330	NE 45
Es-020	15+040	Cresta de Anticlinal	350	NEE 10
Es-021	15+120	Anticlinal		
Es-022	15+230	Flanco de Anticlinal	5	SEE 20
Es-023	15+920	Estratificación	270	NNE 30
Es-024	15+960	Anticlinal Inferido		
Es-025	15+970	Estratificación	140	SW 10
Es-026	15+980	Anticlinal		
Es-027	15+990 - 16+080	Sistema de Pliegues		
Es-028	16+020	Anticlinal		
Es-029	16+035	Falla Inversa Inferida		
Es-030	16+050	Anticlinal		
Es-031	16+065	Falla Inversa Inferida		
Es-032	16+080	Anticlinal		
Es-033	16+150	Estratificación	358	NEE 15
Es-034	16+330	Estratificación	348	NEE 33
Es-035	16+380	Estratificación	329	NE 34



**Foto 4. 3** *Medición del Az y Bz de la estratificación en la formación Sonco II, progresiva 14+550. Fuente Propia.*



**Foto 4. 4** *Anticlinal, progresiva 15+040. Fuente Propia.*





**Foto 4. 5** Sistema de pliegues entre las progresivas 15+990 - 16+080. Fuente Propia.

**Tabla 4. 3** Geología estructural local, Progresiva 16+580 - 17+350. Fuente Propia.

<b>Geología Estructural Local</b>				
<b>Código</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Az</b>	<b>Bz</b>
Es-036	16+580-16+630	Sistema de Pliegues		
Es-037	16+580	Estratificación	348	NEE 15
Es-038	16+600	Estratificación	330	NE 50
Es-039	16+630	Estratificación	115	SW 70
Es-040	16+590	Anticlinal		
Es-041	16+600	Falla Inversa Inferida		
Es-042	16+610	Anticlinal		
Es-043	16+615	Falla Inversa Inferida		
Es-044	16+620	Anticlinal		
Es-045	16+700	Anticlinal Inferido		
Es-046	16+710	Estratificación	335	NE 49
Es-047	16+750	Sinclinal Inferido		
Es-048	17+390 - 17+460	Sistema de Pliegues		
Es-049	16+900	Estratificación	160	SW 18
Es-050	17+000	Estratificación	135	SW 56
Es-051	17+060	Falla Normal	355	NEE 48
Es-052	17+190	Estratificación	145	SW 80
Es-053	17+230	Anticlinal Inferido		
Es-054	17+280	Estratificación	330	NE 85
Es-055	17+350	Estratificación	15	SEE 62





**Foto 4. 6** Anticlinal “inclinado”, que podría ser parte de un sistema de pliegues, progresiva 16+590. Fuente Propia.



**Foto 4. 7** Sistema de pliegues entre las progresivas 17+390 - 17+460, Fuente Propia.



**Foto 4. 8** Estratificación casi en 90°, progresiva 17+230. Fuente propia.



**Tabla 4. 4** *Geología estructural local, Progresiva 17+400 - 23+650. Fuente Propia.*

<i>Geología Estructural Local</i>				
<i>Código</i>	<i>Progresiva</i>	<i>Tipo de Estructura</i>	<i>Az</i>	<i>Bz</i>
Es-056	17+400	Falla Inferida		
Es-057	17+490	Estratificación	135	SW 40
Es-058	17+580	Flanco de Sinclinal	4	SE 32
Es-059	17+590	Cresta de Sinclinal	330	NE 28
Es-060	17+590	Sinclinal		
Es-061	17+600	Flanco de Sinclinal	313	NE 30
Es-062	20+600	Estratificación	300	NE 60
Es-063	22+070	Estratificación	345	NE 30
Es-064	22+100	Sinclinal Inferido		
Es-065	22+110	Estratificación	315	NE 30
Es-066	22+880	Flanco de Sinclinal	126	SW 36
Es-067	22+950	Sinclinal		
Es-068	23+200	Estratificación	352	NE 34
Es-069	23+590	Estratificación	61	SE 21
Es-071	23+630	Flanco de Anticlinal	40	SE 28
Es-070	23+620	Sistema de Pliegues	73	
Es-072	23+640	Flanco de Anticlinal	358	NEE 32
Es-073	23+640	Anticlinal		
Es-074	23+645	Falla Inversa Inferida		
Es-075	23+650	Anticlinal		



**Foto 4. 9** *Sinclinal, progresiva 17+590. Fuente Propia.*



**Foto 4. 10** Sinclinal, progresiva 22+950. Fuente Propia.



**Foto 4. 11** Generación de pliegues y fallas inversas durante el slumping, progresiva 23+620. Fuente Propia.

**Tabla 4. 5** Geología estructural local, Progresiva 23+740 - 25+640. Fuente Propia.

Geología Estructural Local				
Código	Progresiva	Tipo de Estructura	Az	Bz
Es-076	23+740	Sinclinal		
Es-077	23+760	Flanco de Sinclinal	110	SW 35
Es-078	23+860	Estratificación	100	SSW 40
Es-079	24+240	Estratificación	98	SW 40
Es-080	24+510	Flanco de Anticlinal	335	NE 60
Es-081	24+580	Anticlinal		
Es-082	24+600	Flanco de Anticlinal	105	SW 44
Es-083	24+750	Estratificación	125	SW 34
Es-084	25+150	Estratificación	122	SW 37
Es-085	25+640	Estratificación	118	SW 32





**Foto 4. 12** Anticlinal, progresiva 24+580. Fuente Propia.





## **CAPITULO V**

# **HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA**

## 5.1. Generalidades

Las condiciones meteorológicas, climáticas y los movimientos de laderas están muy relacionados entre si. La hidrología, expresada como el volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones en una cuenca y las características hidrogeológicas del material geológico, son factores importantes en el estudio de movimientos de ladera. Por lo general las características hidrológicas suelen actuar como factores desencadenantes de los fenómenos geodinámicos externos, y las características hidrogeológicas como factores condicionantes de dichos fenómenos. De ahí la importancia de los estudios hidrológicos e hidrogeológicos en los estudios de peligros y riesgos geológicos.

## 5.2. Hidrología

Como se indicó en el capítulo I, apartado ubicación hidrográfica, la zona de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del río Paruro.

### 5.2.1. Generalidades de la Cuenca Paruro

La cuenca Paruro, según la clasificación hidrográfica del INRENA y el ANA, se encuentra ubicada en la **Intercuenca Baja Apurímac** con código PFAFSTETTER 499991, en el nivel 6.

**Tabla 5. 1** División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 1, 2, 3, 4 y 5). Modificado de ATDR-SICUANI IRH - INRENA (2005).

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
(4) Cuenca Hidrográfica del río Amazonas	(49) Intercuenca Hidrográfica Alto Amazonas	(499) Intercuenca Hidrográfica del río Ucayali	(4999) Intercuenca hidrográfica del río Apurímac (cabecera del río Ucayali)	(49999) Intercuenca hidrográfica Alta del río Apurímac



**Ilustración 5. 1** América del Sur: Regiones Hidrográficas. Tomado del ANA - “Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú” (2012)



**Tabla 5. 2** División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER (Niveles 5 y 6). Modificado de ATDR-SICUANI IRH - INRENA (2005).

NIVEL 5	NIVEL 6	CODIGO	AREA (km2)
Intercuenca hidrográfica Alta del río Apurímac	Intercuenca Alta río Apurímac	499999	1942.3
	Cuenca Sañu	499998	610.5
	Intercuenca Sañu-Qquero	499997	308.3
	Cuenca Qquero	499996	938.9
	Intercuenca Qquero-Salado	499995	18.2
	Cuenca Salado	499994	2414.8
	Intercuenca Salado-Livitaca	499993	1907.7
	Cuenca Livitaca	499992	767.1
	<b>Intercuenca Baja Apurímac</b>	<b>499991</b>	<b>684.2</b>

### División hidrográfica de la Cuenca Paruro

La cuenca Paruro presenta varias unidades hidrográficas, las cuales las hemos clasificado según el criterio aprendido en las clases de hidrología con el Ing. Tedy Marocho Oré. Basado en dicho criterio, las cuencas se pueden clasificar dependiendo a su área expresada en km<sup>2</sup>.

**Tabla 5. 3** Clasificación de las cuencas basadas en su área en km<sup>2</sup>. Tomado de las separatas de hidrología del Ing. Tedy Marocho Oré (2014).

Unidad Hidrográfica	Área (km <sup>2</sup> )
Quebrada	0-10
Microcuenca	10-200
Subcuenca	200-700
Cuenca	700-6000

Basadas en esta clasificación hemos podido subclasificar la cuenca Paruro en las siguientes unidades hidrográficas.

**Tabla 5. 4** Subunidades hidrográficas de la cuenca Paruro. Fuente Propia.

Subunidades Hidrográficas de la cuenca Paruro	Área (km <sup>2</sup> )
Quebrada Ojana	2.332
Quebrada Pumarchupan	3.105
Quebrada Quequerhuay	3.356
Quebrada Mantarohuaylla	3.365
Quebrada Chuyamayo	4.046
Quebrada Cayramayo	4.562
Quebrada Pucapuca	5.186
Intercuenca Quebrada Tojohuanca	6.202
Quebrada Tojohuanca	6.766
Intercuenca Quebrada Río Racran	7.319
Quebrada Jatunhuayjo	7.319
Microcuenca Pampajalla	10.055
Microcuenca Nayquehuayjo	11.289
Microcuenca Mayllora	24.036
Microcuenca Racran	33.875

La vía se ubica entre las altitudes 4125 a 3075 msnm, las áreas que drenan el sistema hídrico se ubican en la parte media baja de la cuenca del río Paruro, los cursos de agua que la vía intercepta son de primer y segundo orden en el sistema hídrico, los cuales se caracterizan por ser en su mayoría pequeños, de regular caudal en la temporada húmeda y presentar un fuerte acarreo de material sólido. Los cursos o quebradas

que intercepta la vía solo conducen agua durante el periodo lluvioso, en la temporada seca no observa presencia de flujo.

Las unidades hidrográficas que afectan directamente al tramo de carretera en estudio son: la Micr. de Pampajalla, Intercuenca Qda. Tojohuanca, Intercuenca Qda. Río Racran y la Micr. Rarcra (Mapas: M-17 y M-18).

### 5.2.2. Cálculo de la precipitación en la zona de estudio

Como se indicó la precipitación es uno de los factores que influyen en los fenómenos geodinámicos externos. Por tal motivo vamos determinar la precipitación en la zona de estudio utilizando el método de “regresión lineal multivariable”, también conocido como “Regionalización de la Precipitación” (Mapa: M-19).

Los diversos componentes de los ciclos hidrológicos superficiales son de carácter meteorológico. Sin embargo, el estudio de las precipitaciones de las cuencas es un componente no tan complicado como los problemas físicos de la atmosfera y se estudian por medio de un análisis estadístico de la información hidrológica en forma de muestras o registros a fin de inferir las características con que debe ser esperado en el futuro dicho fenómeno (Chereque, W., 1989).

### Registros de Estaciones Pluviométricas

La información pluviométrica utilizada en el presente estudio proviene del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) entidad encargada del control y toma de información. En la zona de interés no existe información hidrometeorológica, por lo que se deberá recurrirse a procedimientos de regionalización de datos climáticos de estaciones meteorológicas cercanas. Los registros de precipitación que intervienen en el presente estudio corresponden a 5 estaciones, las mismas que tienen un periodo de registros que se indican a continuación:

**Tabla 5. 5** Estaciones Meteorológicas cercanas a la vía Ranraccasa - Paruro. Fuente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

ESTACIÓN	ENTIDAD OPERADORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			PERIODO DE REGISTRO
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	
		(S)	(W)	m.s.n.m.	
Anta Ancachuro	SENAMHI	13° 28' 6"	72° 12' 57"	3340	1963-2018
Perayoc	SENAMHI	13° 31' 1"	71° 57' 1"	3429	1963-2019
Zurite	SENAMHI	13° 28' 1"	72° 16' 1"	3506	1963-2020
Granja Kayra	SENAMHI	13° 33' 24"	71° 52' 30"	3219	1963-2021
Yauri	SENAMHI	14° 49' 1"	71° 25' 1"	3927	1963-2022

### Interpretación de la Precipitación Histórica

Con la información histórica de precipitaciones de las estaciones seleccionadas inicialmente se realiza una interpretación de la información de cada una de las estaciones, analizando inicialmente su inconsistencia, la cual consiste en evaluar principalmente los errores sistemáticos como saltos y tendencias.

Los saltos como una forma a priori de hallar series hidrológicas periódicas o no periódicas, pasar de un estado a otro como respuesta a cambios realizados por el hombre o cambios producidos por la naturaleza.

Las tendencias son componentes determinísticas transitorias, que se definen como un cambio, sistemático y continuo, sobre una muestra de información pluviométrica que afecta la distribución y dependencia de

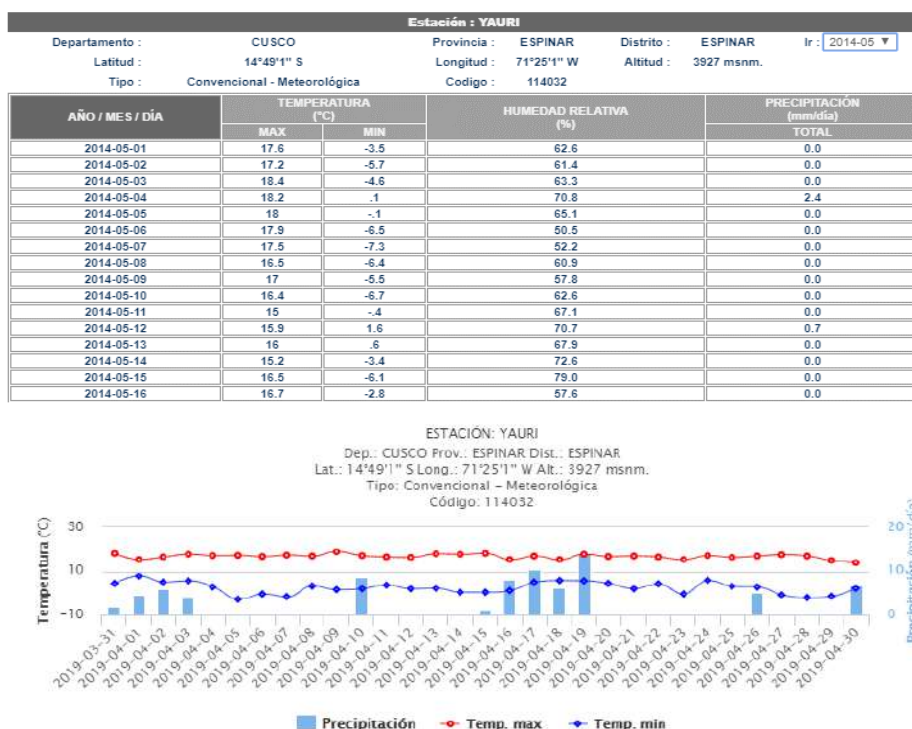


las series; estos cambios pueden ser ascendentes o descendentes más que todo se pueden detectar gráficamente.

Asimismo, la no homogeneidad de la información pluviométrica se interpreta como los cambios de los datos originales con el tiempo, es decir, en los datos de precipitación, se producen por el movimiento o traslado de las estaciones o cambios en el medio ambiente que rodea la estación.

De la observación visual de los gráficos de las estaciones históricas utilizadas se debe determinar que la información es aceptable o dudosa. Para el caso de las 05 estaciones utilizadas, dos estaciones presentan un mínimo grado de duda porque su información presenta registros discontinuos como por ejemplo la estación de Yauri y Perayoc, las otras 03 estaciones de Granja Kayra y Anta Ancachuro presentan información más completa y su información es bastante aceptable. Estas estaciones se consideraron para el presente estudio, ya que son las más cercanas al área en estudio. Además, la estación de Zurite también se tomó en cuenta porque se ubica en una altitud que es representativa en la parte alta del tramo de la vía en estudio.

Luego de realizar toda la secuencia explícita del tratamiento de la información histórica las estaciones seleccionadas, se procede a efectuar la completación y extensión de los datos faltantes y extender la información. Los registros de la información pluviométrica histórica y los gráficos de sus histogramas se muestran a continuación:



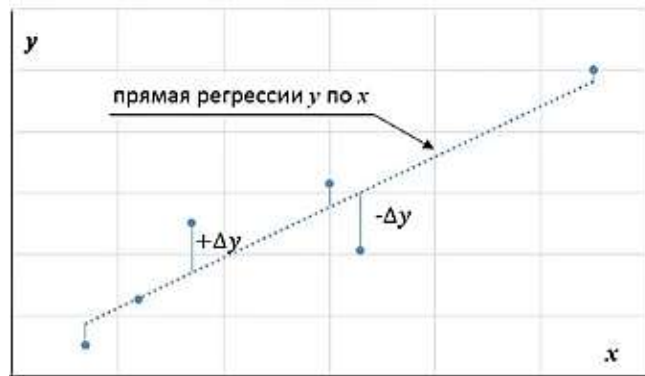
**Ilustración 5. 2** Información pluviométrica histórica y los gráficos de sus histogramas de la Estación Yauri. Tomado del SENAMHI - “Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología” (2019).

### Completación y Extensión

Las muestras o registros deben estar completamente rellenas mediante un análisis de consistencia y de extensión (Chereque, W., 1989), para luego emplear el análisis estadístico mediante modelos de distribuciones probabilísticas para un determinado periodo de retorno.

Para el proceso de completación y extensión de la información pluviométrica de las estaciones seleccionadas fue realizada utilizando el modelo de ajuste lineal. Este método realiza la completación de la información faltante tomando en consideración los parámetros estadísticos como la media y desviación

estándar, a los cuales, durante el análisis y proceso, realiza múltiples correlaciones buscando la más coherente, siempre considerando no variar su media y desviación estándar



**Ilustración 5.3** Recta de Regresión del Modelo de regresión simple que se utiliza para el ajuste lineal. Tomado de J.J. Gómez - Cárdenas (2005).

El criterio de ajuste lineal se establece en la siguiente expresión:

$$\lambda_2 - (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)\lambda + (\sigma_x^2\sigma_y^2 - [\sigma_{xy}]^2) = 0$$

A                      B                      C

$$; \lambda_1 > \lambda_2 > 0$$

Donde A se conoce como el coeficiente cuadrático con un valor igual a la unidad. Además, B se conoce como el coeficiente lineal igual a la sumatoria de varianzas de la variable independiente y dependiente. De acuerdo a la ecuación de segundo grado C se conoce como el término independiente igual a la multiplicación de las varianzas de las variables dependiente e independientes menos el cuadrado de la covarianza de ambas variables.

A continuación, se describen las fórmulas generales que se utilizaron en la fórmula anterior:

#### Desviación Estándar:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$
$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Donde:

- X = Variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- Y = Variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- n = Numero de datos utilizados en la ecuación de regresión lineal.

#### Varianzas:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}$$
$$\sigma_y^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n}$$

Donde:

- X = Variable independiente de la ecuación de regresión lineal.

- Y = Variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- n = Numero de datos utilizados en la ecuación de regresión lineal.

**Covarianza:**

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{n}$$

Donde:

- $X$  = Variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- $Y$  = Variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- $n$  = Numero de datos utilizados en la ecuación de regresión lineal.

**Tabla 5. 6** Completado de datos por el método de ajuste lineal de la estación Anta con respecto a la estación Kayra. Fuente Elaboración Propia.

	VARIABLE INDEPENDIENTE X	VARIABLE DEPENDIENTE Y	
ESTACIÓN	KAYRA	ANTA	
MES	ENE	ENE	
1993	208	145	
1994	76	179	
1995	122	195	
1996	132	415	
1997	123	160	
1998	116	164	
1999	90	294	
2000	131	190	
2001	63	122	
2002	111	401	
2003	114	113	
2004	173.7	189.5	
2005	140.8	113	
2006	203.4	202.8	
2007	140.8	176.5	
2008	108.8	137.5	
2009	112.5	178.3	
2010	268.5	339.5	
2011	103.4		} Datos Desconocidos
2012	70.5		
2013	187.3		
2014	161.9	103.7	
2015	151.3	161.7	

VARIABLE INDEPENDIENTE X	VARIABLE DEPENDIENTE Y	
208	145	
76	179	
122	195	
132	415	
123	160	
116	164	
90	294	
131	190	
63	122	
111	401	
114	113	
173.7	189.5	
140.8	113	
203.4	202.8	
140.8	176.5	
108.8	137.5	
112.5	178.3	
268.5	339.5	
161.9	103.7	
151.3	161.7	
137.385	199.025	} Promedios

*\*Para promediar las variables dependientes e independientes solo se debe de tener en consideración los datos que tienen ambos datos completos.*

Calculamos las raíces de la siguiente ecuación de segundo grado en  $f(\lambda)$ :

$$\lambda = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

**Pendiente de la recta de regresión lineal:**

$$m = \frac{\sigma_{xy}}{\lambda_1 - \sigma_v^2}$$

Donde:

- $\sigma_{xy}$  = Covarianza de las variables dependientes e independientes.
- $\lambda_1$  = Coeficiente base de la ecuación cuadrática.
- $\sigma_y^2$  = Varianza de la variable dependiente.

### Fórmula de llenado de datos faltantes:

$$y = a + bx \quad \left\{ \begin{array}{l} a = \bar{y} - m\bar{x} \\ b = m \end{array} \right.$$

Donde:

- $x$  = Variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- $y$  = Variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- $\bar{x}$  = Promedio de la variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- $\bar{y}$  = Promedio de la variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- $m$  = Pendiente de la recta de regresión lineal.

### Coefficiente de Correlación:

El coeficiente de correlación se utiliza para determinar el grado de dependencia lineal que existe entre dos variables. Es un parámetro que mide de cierto modo la bondad del ajuste de los puntos a una recta. La expresión que permite el cálculo del coeficiente es:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(n - 1)\sigma_x\sigma_y}$$

Donde:

- $x$  = Variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- $y$  = Variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- $\bar{x}$  = Promedio de la variable independiente de la ecuación de regresión lineal.
- $\bar{y}$  = Promedio de la variable dependiente de la ecuación de regresión lineal.
- $n$  = Numero de datos utilizados en la ecuación de regresión lineal.
- $\sigma_x$  = Desviación estándar de las variables independientes.
- $\sigma_y$  = Desviación estándar de las variables dependientes.

Los valores de  $r$  tienden a estar comprendidos en el intervalo  $(-1, +1)$ . Además, cuanto más se aproxima el valor absoluto de  $r$  a la unidad menor será el valor de los momentos de inercia  $I_y$  e  $I_x$ . En particular para  $r = 1$  resulta que  $I_x = I_y = 0$ , lo que quiere decir que toda la masa de puntos se encuentra sobre una recta en la que se han confundido también las dos rectas de regresión, por ello el coeficiente de correlación brinda esa medida de la bondad de ajuste.

Si  $r = 1$ , no existirá ninguna dispersión, por lo que los puntos quedarán situados en la recta de regresión que será única para  $X$  e  $Y$ . Para valores pequeños de  $r$  la correlación lineal no tiene sentido, lo que no quiere decir que  $X$  e  $Y$  sean independientes.

Si  $r = 0$  la correlación entre las dos variables no existe. Si  $r < 0$  indica la existencia de anti-correlación.

Para fines prácticos se acepta que para valores de  $r$  entre 0.7 y 0.75 la correlación es regular, para valores entre 0.76 y 0.85 la correlación es buena y para valores entre 0.86 y 1.00 la correlación es muy buena.

Para este proceso de completación y extensión de los registros históricos de precipitaciones se está utilizando a las 03 estaciones seleccionadas:

- Estación meteorológica de Anta (3340 m.s.n.m.)
- Estación meteorológica de Zurite (3506 m.s.n.m.).
- Estación meteorológica de Kayra (3219 m.s.n.m.)





**Tabla 5. 7 Registro de precipitaciones de la estación de Anta con los datos completados y extendidos. Fuente Propia.**

SENAMHI													
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA													
Estación :		ANTA ANCACHURO				Latitud :		13° 28' 6"		Departam :		CUSCO	
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)				Longitud :		72° 12' 57"		Provincia :		ANTA	
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica				Altitud :		3340		Distrito :		ZURITE	
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1963	410.00	177.00	176.00	13.00	5.00	2.00	0.00	1.00	15.00	38.00	64.00	69.00
2	1964	150.00	100.00	110.00	28.00	7.00	1.00	5.00	2.00	28.00	42.00	56.00	58.00
3	1965	131.00	134.00	109.00	72.00	5.00	0.00	1.00	1.00	40.00	31.00	78.00	156.00
4	1966	104.00	115.00	53.00	36.00	23.00	8.00	3.00	5.00	49.00	89.00	98.00	47.00
5	1967	82.00	120.00	164.00	51.00	6.00	2.00	17.00	13.00	2.00	87.00	90.00	108.00
6	1968	112.00	137.00	110.00	32.00	3.00	2.00	35.00	8.00	22.00	35.00	164.00	107.00
7	1969	65.00	104.00	159.00	30.00	3.00	3.00	9.00	7.00	25.00	29.00	110.00	111.00
8	1970	163.00	126.00	96.00	78.00	1.00	2.00	3.00	2.00	45.00	32.00	80.00	208.00
9	1971	160.00	152.00	95.00	36.00	1.00	0.00	2.00	10.00	1.00	66.00	72.00	146.00
10	1972	208.00	52.00	151.00	43.00	1.00	0.00	0.00	28.00	20.00	13.00	32.00	127.00
11	1973	220.00	191.00	107.00	73.00	12.00	3.00	12.00	9.00	17.00	26.00	101.00	119.00
12	1974	146.00	187.00	143.00	61.00	9.00	18.00	10.00	41.00	11.00	29.00	38.00	101.00
13	1975	108.00	198.00	89.00	80.00	13.00	1.00	0.00	10.00	27.00	28.00	51.00	207.00
14	1976	44.00	112.00	139.00	52.00	11.00	10.00	0.00	20.00	29.00	9.00	49.00	90.00
15	1977	118.00	127.00	113.00	51.00	4.00	1.00	27.00	5.00	20.00	84.00	175.00	125.00
16	1978	172.00	93.00	143.00	43.00	13.00	8.00	2.00	0.00	17.00	7.00	3.00	105.00
17	1979	80.00	123.00	140.00	49.00	9.00	1.00	0.00	7.00	12.00	22.00	96.00	94.00
18	1980	78.00	116.00	155.00	15.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	77.00	84.00	94.00
19	1981	157.00	102.00	199.00	114.00	6.00	2.00	1.00	11.00	25.00	86.00	79.00	106.00
20	1982	237.00	141.00	154.00	63.00	3.00	10.00	5.00	5.00	15.00	41.00	132.00	106.00
21	1983	138.00	91.00	69.00	32.00	3.00	9.00	3.00	1.00	6.00	28.00	48.00	108.00
22	1984	214.00	154.00	77.00	89.00	4.00	2.00	1.00	12.00	4.00	124.00	4.00	124.00
23	1985	79.00	83.00	57.00	57.00	9.00	16.00	4.00	15.00	23.00	53.00	129.00	132.00
24	1986	100.00	152.00	116.00	45.00	19.00	8.00	12.00	14.00	6.00	25.00	62.00	81.00
25	1987	176.00	134.00	73.00	5.00	9.00	2.00	8.00	9.00	21.00	25.00	101.00	165.00
26	1988	223.00	128.00	242.00	94.00	4.00	0.00	33.00	0.00	39.00	8.00	43.00	107.00
27	1989	191.00	98.00	136.00	25.00	26.00	61.00	2.00	4.00	6.00	24.00	50.00	35.00
28	1990	130.00	59.00	25.00	3.00	5.00	37.00	8.00	17.00	15.00	122.00	85.00	37.00
29	1991	54.00	180.00	123.00	28.00	11.00	23.00	1.00	16.00	4.00	45.00	89.00	69.00
30	1992	131.00	136.00	41.00	19.00	42.00	17.00	3.00	23.00	9.00	55.00	127.00	61.00
31	1993	145.00	113.00	106.00	36.00	7.00	3.00	10.00	23.00	58.00	192.00	218.00	217.00
32	1994	179.00	172.00	121.00	49.00	33.00	35.00	16.00	23.00	39.00	81.00	186.00	256.00
33	1995	195.00	48.00	225.00	20.00	2.00	5.00	1.00	3.00	23.00	16.00	95.00	111.00
34	1996	415.00	359.00	123.00	30.00	5.00	1.00	0.00	13.00	19.00	44.00	87.00	234.00
35	1997	160.00	127.00	159.00	26.00	9.00	2.00	3.00	15.00	7.00	68.00	165.00	361.00
36	1998	164.00	129.00	132.00	25.00	1.00	3.00	0.00	1.00	12.00	65.00	55.00	72.00
37	1999	294.00	331.00	193.00	70.00	1.00	1.00	0.00	6.00	66.00	91.00	114.00	256.00
38	2000	190.00	211.00	144.00	41.00	2.00	18.00	1.00	3.00	26.00	44.00	125.00	76.00
39	2001	122.00	176.00	136.00	46.00	2.00	3.00	4.00	15.00	5.00	29.00	76.00	183.00
40	2002	401.00	206.00	114.00	57.00	3.00	1.00	1.00	0.00	1.00	10.00	71.00	93.00
41	2003	113.00	93.00	147.00	62.00	2.00	6.00	30.00	1.00	16.00	50.00	87.00	110.00
42	2004	189.50	219.70	56.80	22.60	14.10	12.20	8.70	0.00	34.40	59.80	53.80	148.10
43	2005	113.00	107.10	96.00	23.30	1.90	0.00	2.50	2.20	0.40	43.30	96.60	105.60
44	2006	202.80	133.00	132.50	90.00	0.00	6.20	0.00	8.80	2.30	42.30	77.20	109.80
45	2007	176.50	76.40	172.00	46.70	2.10	0.00	0.60	0.00	11.30	39.50	101.70	127.70
46	2008	137.50	70.40	100.30	22.50	21.40	4.50	0.00	3.20	28.40	52.00	75.10	115.70
47	2009	178.30	123.20	92.70	33.40	6.50	0.00	6.40	0.30	11.80	16.30	213.00	150.70
48	2010	339.50	153.90	126.70	45.10	4.50	0.00	0.00	6.90	2.50	59.10	62.10	183.50
49	2011	189.49	149.03	137.50	49.57	5.89	5.20	4.47	6.68	4.51	4.03	107.30	145.78
50	2012	180.25	149.44	105.07	44.14	5.97	3.97	4.50	7.70	4.51	4.29	114.28	184.94
51	2013	213.04	149.83	117.22	34.38	6.25	6.98	4.44	7.15	4.36	4.44	82.38	158.73
49	2014	103.70	90.30	44.10	33.90	8.10	0.00	0.00	0.70	10.30	41.00	33.20	105.80
50	2015	161.70	63.20	62.30	43.80	2.40	2.30	5.30	4.20	24.80	34.80	42.50	81.30
51	2016	118.00	189.70	44.30	18.10	4.40	0.20	1.60	16.00	11.00	50.80	53.30	73.10
52	2017	75.90	59.20	122.40	55.00	6.10	0.00	1.80	16.20	10.90	38.90	53.00	70.10
53	2018	92.10	160.80	100.80	29.10	2.00	18.10	10.60	14.90	4.70	53.00	46.50	81.30



**Tabla 5.8 Registro de precipitaciones de la estación de Zurite con los datos completados y extendidos. Fuente Propia.**

SENAMHI													
OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA													
Estación :		ZURITE		Latitud :		13° 28' 1"		Departam :		CUSCO			
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)		Longitud :		72° 16' 1"		Provincia :		ANTA			
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica		Altitud :		3506		Distrito :		ZURITE			
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1963	257.00	158.00	144.00	51.00	25.00	3.00	3.00	6.00	46.00	67.00	89.00	71.00
2	1964	131.00	129.00	142.00	90.00	9.00	3.00	2.00	2.00	63.00	67.00	66.00	79.00
3	1965	164.00	119.00	155.00	82.00	2.00	1.00	10.00	1.00	33.00	22.00	66.00	173.00
4	1966	101.00	229.00	95.00	92.00	28.00	3.00	3.00	3.00	20.00	127.00	122.00	58.00
5	1967	62.00	129.00	114.00	40.00	7.00	2.00	19.00	11.00	22.00	75.00	83.00	159.00
6	1968	120.00	159.00	143.00	25.00	9.00	1.00	42.00	6.00	37.00	54.00	153.00	104.00
7	1969	148.00	134.00	127.00	45.00	8.00	6.00	10.00	5.00	13.00	42.00	96.00	129.00
8	1970	168.00	110.00	66.00	87.00	2.00	1.00	10.00	1.00	40.00	70.00	62.00	178.00
9	1971	167.00	181.00	77.00	96.00	2.00	1.00	1.00	17.00	1.00	82.00	68.00	137.00
10	1972	171.00	94.00	151.00	30.00	5.00	1.00	10.00	23.00	45.00	41.00	51.00	146.00
11	1973	305.00	178.00	135.00	75.00	12.00	3.00	20.00	21.00	41.00	62.00	107.00	115.00
12	1974	208.00	222.00	125.00	40.00	1.00	15.00	4.00	29.00	9.00	61.00	93.00	87.00
13	1975	156.00	188.00	147.00	67.00	22.00	1.00	1.00	1.00	15.00	75.00	61.00	255.00
14	1976	176.00	146.00	168.00	57.00	11.00	7.00	5.00	7.00	34.00	13.00	50.00	80.00
15	1977	122.00	196.00	175.00	47.00	1.00	0.00	2.00	5.00	22.00	75.00	142.00	151.00
16	1978	249.00	61.00	107.00	46.00	17.00	1.00	1.00	2.00	19.00	30.00	131.00	118.00
17	1979	101.00	134.00	123.00	32.00	13.00	0.00	1.00	8.00	11.00	31.00	93.00	106.00
18	1980	72.00	160.00	149.00	38.00	5.00	0.00	1.00	1.00	39.00	79.00	112.00	112.00
19	1981	121.00	92.00	155.00	95.00	2.00	1.00	1.00	17.00	23.00	60.00	102.00	130.00
20	1982	220.00	90.00	125.00	44.00	0.00	2.00	3.00	4.00	22.00	53.00	119.00	119.00
21	1983	96.00	78.00	31.00	36.00	23.00	1.00	2.00	2.00	33.00	35.00	63.00	122.00
22	1984	191.00	201.00	102.00	97.00	5.00	1.00	8.00	3.00	23.00	114.00	105.00	137.00
23	1985	46.00	83.00	57.00	17.00	3.00	10.00	3.00	4.00	23.00	53.00	128.00	138.00
24	1986	102.00	152.00	116.00	45.00	19.00	0.00	3.00	1.00	33.00	43.00	79.00	104.00
25	1987	200.00	114.00	70.00	29.00	2.00	0.00	15.00	5.00	45.00	65.00	78.00	229.00
26	1988	200.00	120.00	194.00	160.00	4.00	1.00	2.00	2.00	30.00	51.00	65.00	124.00
27	1989	203.00	115.00	158.00	52.00	11.00	1.00	3.00	7.00	32.00	58.00	58.00	53.00
28	1990	151.00	94.00	26.00	35.00	9.00	7.00	2.00	5.00	41.00	109.00	82.00	80.00
29	1991	129.00	249.00	144.00	67.00	7.00	1.00	4.00	41.00	46.00	70.00	104.00	81.00
30	1992	97.00	152.00	70.00	55.00	7.00	11.00	1.00	20.00	19.00	78.00	112.00	131.00
31	1993	285.00	96.00	78.00	38.00	77.00	2.00	1.00	13.00	39.00	100.00	178.00	170.00
32	1994	251.00	220.00	175.00	55.00	13.00	0.00	4.00	16.00	32.00	80.00	126.00	165.00
33	1995	144.00	96.00	181.00	64.00	2.00	1.00	43.00	4.00	46.00	21.00	90.00	103.00
34	1996	278.00	146.00	135.00	48.00	11.00	10.00	4.00	8.00	34.00	72.00	80.00	297.00
35	1997	124.00	200.00	168.00	88.00	4.00	2.00	8.00	7.00	41.00	102.00	158.00	206.00
36	1998	171.00	233.00	150.00	37.00	1.00	2.00	35.00	2.00	39.00	54.00	155.00	175.00
37	1999	154.00	230.00	171.00	65.00	6.00	5.00	3.00	1.00	33.00	77.00	78.00	250.00
38	2000	127.00	118.00	135.00	79.00	1.00	12.00	22.00	3.00	46.00	34.00	69.00	60.00
39	2001	107.00	188.00	154.00	69.00	5.00	12.00	1.00	51.00	3.00	62.00	51.00	186.00
40	2002	200.00	96.00	104.00	85.00	6.00	3.00	5.00	0.00	28.00	16.00	91.00	102.00
41	2003	84.00	99.00	80.00	49.00	1.00	1.00	4.00	18.00	29.00	68.00	105.00	108.00
42	2004	262.16	197.47	71.71	24.51	9.04	11.12	5.76	8.30	21.55	56.59	77.74	149.73
43	2005	161.64	141.80	103.25	24.74	8.63	11.04	6.84	8.80	10.87	37.92	106.73	108.15
44	2006	279.63	154.61	132.61	46.50	8.57	11.08	7.28	10.29	11.47	36.78	93.59	112.26
45	2007	245.08	126.63	164.39	32.37	8.64	11.04	7.17	8.30	14.29	33.61	110.19	129.77
46	2008	193.83	123.66	106.71	24.48	9.29	11.07	7.28	9.03	19.67	47.76	92.17	118.03
47	2009	247.44	149.76	100.59	28.03	8.79	11.04	6.16	8.37	14.45	7.36	185.58	152.28
48	2010	459.25	164.94	127.95	31.85	8.72	11.04	7.28	9.86	11.53	55.80	83.36	184.37
49	2011	262.14	162.53	136.64	33.31	8.77	11.07	6.50	9.81	12.16	7.36	113.98	147.46
50	2012	250.00	162.73	110.55	31.54	8.77	11.06	6.49	10.04	12.16	7.36	118.71	185.78
51	2013	293.08	162.93	120.32	28.35	8.78	11.09	6.50	9.92	12.11	7.36	97.10	160.14
52	2014	149.42	133.50	61.49	28.19	8.84	11.04	7.28	8.46	13.98	35.31	63.78	108.34
53	2015	225.63	120.10	76.13	31.43	8.65	11.05	6.35	9.25	18.54	28.30	70.08	84.37
54	2016	168.21	182.64	61.65	23.04	8.72	11.04	7.00	11.92	14.20	46.40	77.40	76.34
55	2017	112.89	118.12	124.49	35.08	8.77	11.04	6.96	11.97	14.17	32.94	77.20	73.41
56	2018	134.18	168.35	107.11	26.63	8.63	11.17	5.43	11.67	12.22	48.89	72.79	84.37



Tabla 5.9 Registro de precipitaciones de la estación de Perayoc con los datos completados y extendidos. Fuente Propia.

SENAMHI													
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA													
Estación :		PERAYOC		Latitud :		13° 31' 1"		Departam :		CUSCO			
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)		Longitud :		71° 57' 1"		Provincia :		CUSCO			
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica		Altitud :		3429		Distrito :		CUSCO			
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1963	253.00	179.00	129.00	42.00	1.00	0.00	0.00	9.00	26.00	48.00	93.00	57.00
2	1964	142.00	121.00	165.00	24.00	6.00	0.00	2.00	5.00	40.00	52.00	48.00	70.00
3	1965	103.00	170.00	159.00	78.00	12.00	0.00	1.00	1.00	44.00	59.00	65.00	187.00
4	1966	110.00	184.00	80.00	12.00	25.00	3.00	3.00	1.00	30.00	78.00	62.00	40.00
5	1967	83.00	106.00	134.00	16.00	2.00	1.00	9.00	24.00	25.00	79.00	52.00	89.00
6	1968	57.00	72.00	47.00	20.00	5.00	5.00	42.00	7.00	10.00	36.00	50.00	41.00
7	1969	115.00	84.00	81.00	10.00	5.00	3.00	9.00	23.00	16.00	22.00	43.00	73.00
8	1970	127.00	69.00	92.00	69.00	14.00	3.00	2.00	1.00	22.00	22.00	36.00	192.00
9	1971	95.00	127.00	47.00	33.00	2.00	0.00	1.00	2.00	0.00	49.00	44.00	126.00
10	1972	154.00	68.00	54.00	37.00	2.00	0.00	3.00	24.00	18.00	11.00	66.00	147.00
11	1973	206.00	78.00	127.00	91.00	4.00	0.00	1.00	18.00	16.00	22.00	74.00	80.00
12	1974	124.00	154.00	138.00	72.00	8.00	12.00	2.00	32.00	5.00	26.00	38.00	123.00
13	1975	146.00	179.00	126.00	115.00	27.00	1.00	1.00	4.00	10.00	37.00	50.00	130.00
14	1976	201.00	200.00	107.00	35.00	12.00	7.00	1.00	3.00	72.00	28.00	38.00	117.00
15	1977	78.00	236.00	53.00	35.00	20.00	0.00	2.00	3.00	25.00	38.00	84.00	50.00
16	1978	167.00	62.00	70.00	41.00	7.00	2.00	0.00	0.00	1.00	19.00	128.00	126.00
17	1979	137.00	112.00	134.00	65.00	17.00	1.00	5.00	16.00	3.00	16.00	148.00	158.00
18	1980	120.00	184.00	166.00	34.00	9.00	2.00	2.00	6.00	8.00	82.00	89.00	74.00
19	1981	256.00	91.00	153.00	11.00	6.00	5.00	8.00	6.00	19.00	84.00	95.00	121.00
20	1982	168.00	160.00	186.00	29.00	2.00	4.00	9.00	16.00	22.00	67.00	105.00	64.00
21	1983	169.00	82.00	46.00	8.00	1.00	3.00	4.00	0.00	2.00	20.00	61.00	93.00
22	1984	360.00	253.00	55.00	49.00	13.00	3.00	14.00	24.00	15.00	108.00	94.00	115.00
23	1985	125.00	91.00	94.00	62.00	14.00	8.00	2.00	8.00	45.00	79.00	141.00	200.00
24	1986	207.00	145.00	207.00	145.00	9.00	79.00	6.00	15.00	30.00	36.00	58.00	58.00
25	1987	298.00	79.00	69.00	20.00	2.00	4.00	13.00	8.00	17.00	25.00	69.00	85.00
26	1988	132.00	72.00	190.00	47.00	7.00	0.00	0.00	3.00	29.00	15.00	76.00	102.00
27	1989	143.00	80.00	128.00	74.00	2.00	17.00	1.00	10.00	16.00	55.00	59.00	36.00
28	1990	159.00	90.00	69.00	100.00	7.00	27.00	4.00	9.00	24.00	98.00	90.00	73.00
29	1991	77.00	140.00	87.00	46.00	6.00	6.00	3.00	5.00	48.00	48.00	101.00	122.00
30	1992	77.00	121.00	76.00	32.00	9.00	12.00	2.00	15.00	32.00	84.00	105.00	200.00
31	1993	256.00	79.00	94.00	3.00	15.00	3.00	2.00	6.00	6.00	76.00	103.00	180.00
32	1994	198.00	204.00	186.00	56.00	10.00	11.00	6.00	12.00	12.00	39.00	72.00	127.00
33	1995	146.00	89.00	122.00	12.00	5.00	2.00	4.00	16.00	8.00	25.00	66.00	125.00
34	1996	142.00	140.00	96.00	37.00	7.00	1.00	4.00	5.00	4.00	59.00	66.00	129.00
35	1997	113.00	218.00	134.00	73.00	2.00	1.00	10.00	8.00	40.00	89.00	113.00	130.00
36	1998	202.00	156.00	47.00	3.00	14.00	1.00	8.00	5.00	39.00	54.00	129.00	79.00
37	1999	179.00	125.00	99.00	48.00	7.00	1.00	8.00	2.00	49.00	64.00	60.00	141.00
38	2000	149.00	126.00	86.00	17.00	4.00	7.00	3.00	2.00	1.00	50.00	67.00	57.00
39	2001	181.00	243.00	245.00	34.00	8.00	3.00	0.00	18.00	31.00	55.00	51.00	72.00
40	2002	378.00	92.00	88.00	6.00	1.00	1.00	3.00	0.00	15.00	15.00	58.00	129.00
41	2003	128.00	79.00	79.00	41.00	1.00	2.00	1.00	4.00	4.00	30.00	109.00	181.00
42	2004	223.89	193.74	116.12	38.70	13.73	20.52	1.79	6.06	19.85	69.10	105.77	162.27
43	2005	161.52	158.02	125.10	38.59	5.64	3.13	6.93	7.59	24.31	51.25	115.49	144.70
44	2006	234.74	166.24	133.47	28.22	4.38	11.97	9.01	12.16	24.06	50.17	111.08	146.44
45	2007	213.29	148.28	142.52	34.95	5.77	3.13	8.51	6.06	22.88	47.14	116.65	153.83
46	2008	181.49	146.38	126.09	38.71	18.58	9.54	9.01	8.28	20.64	60.66	110.61	148.88
47	2009	214.76	163.13	124.34	37.02	8.69	3.13	3.70	6.27	22.81	22.04	141.94	163.34
48	2010	346.21	172.87	132.14	35.20	7.36	3.13	9.01	10.84	24.03	68.34	107.65	176.90
49	2011	223.88	171.32	134.61	34.51	8.28	10.54	5.30	10.69	23.77	8.77	117.92	161.31
50	2012	216.35	171.45	127.18	35.35	8.34	8.79	5.28	11.40	23.77	9.05	119.51	177.49
51	2013	243.09	171.58	129.97	36.87	8.52	13.08	5.33	11.01	23.79	9.21	112.26	166.66
52	2014	153.93	152.69	113.20	36.94	9.75	3.13	9.01	6.55	23.01	48.76	101.09	144.78
53	2015	201.23	144.10	117.38	35.40	5.97	6.41	4.61	8.97	21.11	42.06	103.20	134.66
54	2016	165.59	184.22	113.25	39.40	7.30	3.42	7.68	17.15	22.92	59.36	105.65	131.27
55	2017	131.26	142.83	131.15	33.66	8.43	3.13	7.51	17.29	22.93	46.49	105.59	130.03
56	2018	144.47	175.05	126.20	37.69	5.71	28.92	0.22	16.38	23.74	61.74	104.11	134.66



**Tabla 5. 10 Registro de precipitaciones de la estación de Kayra con los datos completados y extendidos. Fuente Elaboración Propia.**

SENAMHI														
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA														
Estación :		GRANJA KAYRA				Latitud : 13° 33' 24"				Departam : CUSCO				
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)				Longitud : 71° 52' 30"				Provincia : CUSCO				
Tipo de Estación:		Tipo Automtica - Meteorológica				Altitud : 3219				Distrito : SAN JERONIMO				
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	1963	164.00	93.00	97.00	30.00	5.00	0.00	0.00	1.00	21.00	28.00	115.00	73.00	
2	1964	101.00	92.00	102.00	26.00	7.00	0.00	0.00	0.00	25.00	36.00	43.00	76.00	
3	1965	102.00	84.00	112.00	88.00	6.00	0.00	0.00	1.00	29.00	58.00	43.00	153.00	
4	1966	78.00	171.00	80.00	18.00	20.00	10.00	0.00	2.00	30.00	60.00	65.00	71.00	
5	1967	59.00	118.00	140.00	19.00	2.00	1.00	11.00	19.00	33.00	71.00	57.00	126.00	
6	1968	150.00	107.00	84.00	75.00	6.00	5.00	31.00	9.00	16.00	85.00	87.00	54.00	
7	1969	144.00	78.00	88.00	17.00	3.00	3.00	7.00	4.00	23.00	30.00	55.00	73.00	
8	1970	171.00	93.00	132.00	86.00	2.00	1.00	4.00	3.00	42.00	46.00	78.00	177.00	
9	1971	129.00	162.00	84.00	40.00	1.00	0.00	0.00	6.00	3.00	56.00	51.00	127.00	
10	1972	192.00	67.00	57.00	30.00	3.00	0.00	6.00	27.00	12.00	8.00	50.00	100.00	
11	1973	221.00	121.00	100.00	75.00	14.00	0.00	9.00	12.00	14.00	65.00	89.00	97.00	
12	1974	102.00	158.00	121.00	34.00	4.00	8.00	1.00	35.00	6.00	43.00	61.00	108.00	
13	1975	125.00	131.00	55.00	67.00	23.00	1.00	0.00	1.00	51.00	48.00	51.00	170.00	
14	1976	120.00	83.00	123.00	43.00	13.00	9.00	0.00	70.00	26.00	83.00	35.00	87.00	
15	1977	117.00	123.00	69.00	48.00	8.00	0.00	4.00	7.00	30.00	65.00	72.00	78.00	
16	1978	175.00	107.00	89.00	49.00	11.00	0.00	3.00	1.00	11.00	13.00	89.00	118.00	
17	1979	101.00	132.00	109.00	47.00	6.00	0.00	1.00	8.00	11.00	18.00	86.00	82.00	
18	1980	106.00	126.00	135.00	23.00	4.00	0.00	5.00	1.00	13.00	63.00	60.00	83.00	
19	1981	125.00	81.00	124.00	59.00	2.00	4.00	7.00	10.00	46.00	107.00	121.00	144.00	
20	1982	179.00	115.00	143.00	59.00	2.00	9.00	3.00	5.00	14.00	38.00	122.00	99.00	
21	1983	128.00	84.00	54.00	30.00	3.00	6.00	1.00	1.00	6.00	26.00	44.00	100.00	
22	1984	199.00	142.00	71.00	83.00	9.00	2.00	1.00	11.00	4.00	115.00	69.00	103.00	
23	1985	129.00	119.00	74.00	33.00	16.00	12.00	1.00	5.00	43.00	62.00	116.00	122.00	
24	1986	76.00	92.00	126.00	66.00	6.00	0.00	2.00	4.00	7.00	17.00	70.00	103.00	
25	1987	224.00	88.00	49.00	13.00	2.00	1.00	9.00	6.00	8.00	30.00	102.00	108.00	
26	1988	159.00	84.00	167.00	109.00	5.00	0.00	0.00	1.00	10.00	36.00	40.00	93.00	
27	1989	151.00	127.00	119.00	39.00	6.00	9.00	0.00	6.00	31.00	1.00	61.00	88.00	
28	1990	158.00	90.00	61.00	47.00	8.00	32.00	1.00	6.00	13.00	74.00	87.00	65.00	
29	1991	98.00	164.00	105.00	50.00	10.00	5.00	2.00	16.00	20.00	49.00	71.00	87.00	
30	1992	139.00	127.00	104.00	20.00	14.00	19.00	1.00	21.00	8.00	51.00	117.00	57.00	
31	1993	208.00	90.00	76.00	16.00	47.00	1.00	3.00	7.00	17.00	46.00	112.00	202.00	
32	1994	76.00	164.00	174.00	45.00	12.00	2.00	0.00	8.00	26.00	40.00	40.00	120.00	
33	1995	122.00	102.00	94.00	18.00	1.00	1.00	27.00	3.00	22.00	169.00	116.00	75.00	
34	1996	132.00	98.00	71.00	32.00	11.00	3.00	0.00	6.00	20.00	58.00	49.00	133.00	
35	1997	123.00	128.00	105.00	31.00	5.00	0.00	1.00	7.00	12.00	44.00	200.00	148.00	
36	1998	116.00	139.00	22.00	31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	7.00	38.00	45.00	59.00	
37	1999	90.00	91.00	92.00	43.00	1.00	3.00	1.00	9.00	43.00	18.00	40.00	120.00	
38	2000	131.00	175.00	88.00	34.00	1.00	15.00	13.00	8.00	2.00	30.00	105.00	75.00	
39	2001	63.00	133.00	144.00	85.00	11.00	4.00	2.00	13.00	33.00	70.00	62.00	124.00	
40	2002	111.00	99.00	122.00	29.00	4.00	0.00	0.00	1.00	11.00	110.00	91.00	101.00	
41	2003	114.00	119.00	99.00	44.00	1.00	0.00	0.00	3.00	4.00	26.00	96.00	94.00	
42	2004	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	21.70	25.60	60.90	87.90	
43	2005	140.80	130.60	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	102.50	
44	2006	203.40	155.50	145.90	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	67.80	147.20	
45	2007	140.80	58.70	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	46.31	69.37	88.40	
46	2008	108.80	109.20	64.40	7.60	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	90.20	131.90	
47	2009	112.50	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	8.30	88.70	82.90	
48	2010	268.50	168.50	129.20	16.60	1.30	0.00	1.40	4.70	8.20	70.00	40.00	172.70	
49	2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0	38.9	38.2	60.2	110.2	
50	2012	70.5	157.9	41.7	48.1	4.5	1.2	0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5	
51	2013	187.3	137.2	75.5	13	6.4	6.1	2	12.4	6.3	105	86	159.4	
52	2014	161.9	116.5	40	35	10.1	0	3.2	5.8	12.6	82.2	37.5	155.9	
53	2015	151.3	140.9	56.7	70.8	16.4	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	96.00	131.90	
54	2016	195.41	138.09	99.27	37.00	5.01	1.55	3.68	11.10	12.45	39.59	78.43	110.63	
55	2017	178.72	176.02	133.89	46.01	5.42	1.41	3.69	11.21	12.40	42.28	78.27	108.12	
56	2018	185.14	146.49	124.32	39.69	4.44	14.00	4.32	10.48	8.94	39.09	74.87	117.51	





**Tabla 5. 11** Registro de precipitaciones de la estación de Yauri con los datos completados y extendidos. Fuente Propia.

SENAMHI													
OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA													
Estación :		YAURI			Latitud :		14° 49' 1"			Departam :		CUSCO	
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		71° 25' 1"			Provincia :		ESPINAR	
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica			Altitud :		3927			Distrito :		ESPINAR	
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1963	208.07	152.15	132.28	47.23	12.27	5.56	7.13	10.61	32.78	50.54	116.77	133.94
2	1964	178.15	147.53	131.95	55.48	9.90	5.56	7.38	10.10	37.30	50.54	102.73	135.05
3	1965	185.98	145.94	134.07	53.78	8.87	5.59	5.40	9.97	29.33	56.53	102.73	148.10
4	1966	171.02	163.45	124.29	55.90	12.71	5.56	7.13	10.23	25.87	42.55	136.92	132.13
5	1967	161.76	147.53	127.39	44.90	9.61	5.57	3.17	11.25	26.41	49.47	113.11	146.15
6	1968	175.53	152.31	132.11	41.73	9.90	5.59	3.17	10.61	30.39	52.27	155.85	138.52
7	1969	182.18	148.33	129.51	45.96	9.76	5.51	5.40	10.48	24.01	53.86	121.05	141.99
8	1970	186.93	144.51	119.57	54.84	8.87	5.59	5.40	9.97	31.19	50.14	100.29	148.79
9	1971	174.30	284.40	111.70	49.60	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	10.10	6.00	119.30
10	1972	193.70	180.30	144.70	34.00	0.00	0.00	16.20	8.60	25.40	53.20	64.40	163.70
11	1973	360.30	360.10	248.40	186.60	15.60	0.00	3.30	5.90	69.20	24.80	71.10	104.70
12	1974	248.90	253.40	187.90	63.80	2.60	18.60	0.00	115.40	28.20	23.30	12.20	45.00
13	1975	166.50	221.00	128.20	124.60	32.60	7.80	0.00	0.00	0.00	9.00	43.40	99.40
14	1976	192.80	182.40	119.10	26.40	11.80	37.40	0.00	31.80	77.00	1.60	23.60	71.60
15	1977	43.80	154.60	60.80	0.00	1.40	0.00	6.20	0.00	10.20	49.20	42.00	40.20
16	1978	204.20	39.00	44.00	27.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.46	142.41	140.46
17	1979	240.70	95.90	99.90	14.00	0.00	4.50	13.00	15.70	10.50	70.40	128.70	90.10
18	1980	210.70	149.90	73.00	51.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	48.94	130.81	139.63
19	1981	175.77	141.64	134.07	56.53	8.87	5.46	7.63	12.02	26.67	51.47	124.71	142.13
20	1982	199.28	141.32	129.18	45.75	8.57	5.43	7.13	10.36	26.41	52.40	135.09	140.60
21	1983	169.83	139.41	113.87	44.05	11.97	5.46	7.38	10.10	29.33	54.80	100.90	141.02
22	1984	192.40	159.00	125.43	56.96	9.31	5.46	5.89	10.23	26.67	44.28	126.54	143.10
23	1985	157.96	140.21	118.10	40.03	9.02	5.26	7.13	10.36	26.67	52.40	140.58	143.24
24	1986	171.26	151.20	127.71	45.96	11.38	5.48	7.13	9.97	29.33	53.73	14.50	108.50
25	1987	194.53	145.15	120.22	42.57	8.87	11.00	4.16	10.48	32.52	50.80	110.06	155.87
26	1988	295.90	146.10	140.42	70.29	9.16	5.46	6.80	0.00	6.30	24.30	13.70	99.40
27	1989	192.80	182.40	119.10	26.40	11.80	37.40	0.00	31.80	1.30	1.60	23.60	71.60
28	1990	43.80	154.60	60.80	0.00	1.40	0.00	6.20	0.00	10.20	49.20	42.00	40.20
29	1991	204.20	39.00	44.00	34.10	15.80	47.00	0.00	0.00	55.90	0.00	125.93	135.33
30	1992	170.07	151.20	120.22	48.07	9.61	8.00	0.00	45.30	0.00	59.80	75.60	37.80
31	1993	269.30	107.20	133.60	116.50	5.50	0.00	0.80	15.00	7.70	93.70	173.70	157.10
32	1994	205.60	221.60	191.10	56.60	16.70	0.00	0.00	0.00	22.20	13.10	66.40	100.60
33	1995	165.80	141.20	209.40	81.70	2.70	0.00	0.00	2.80	13.00	51.60	37.60	128.20
34	1996	160.40	187.80	109.20	96.90	16.90	0.00	0.00	20.30	13.60	31.00	51.10	105.00
35	1997	246.50	209.70	116.40	66.70	3.20	0.00	0.00	26.20	38.40	14.60	91.70	122.60
36	1998	217.10	150.40	89.80	13.80	0.00	2.50	0.00	3.60	0.80	48.30	47.00	48.00
37	1999	141.60	229.30	159.10	125.50	3.60	0.00	0.00	0.80	47.80	52.90	45.30	155.30
38	2000	160.70	194.60	161.80	41.10	4.20	5.60	0.00	12.70	6.20	78.50	26.80	167.80
39	2001	265.90	230.50	254.90	99.50	32.00	0.90	4.30	4.80	4.20	32.20	25.80	67.50
40	2002	111.40	294.30	148.00	67.60	24.70	0.50	16.70	0.00	40.50	56.00	117.99	142.80
41	2003	171.10	230.00	193.30	36.90	5.70	0.80	0.00	5.50	34.80	11.10	73.40	129.20
42	2004	215.70	166.50	84.50	48.40	0.00	1.80	10.70	17.70	25.60	25.70	56.70	105.40
43	2005	114.30	179.50	123.20	43.10	1.10	0.00	0.00	4.80	5.60	55.90	41.90	162.20
44	2006	295.00	119.90	175.60	45.80	1.40	5.40	0.00	9.70	18.60	59.10	64.10	122.60
45	2007	129.70	133.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70
46	2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	43.40	24.80	103.30
47	2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	2.00	43.80	172.60	133.90
48	2010	172.60	165.70	114.90	32.00	13.60	0.00	0.00	0.00	1.70	52.03	113.33	149.67
49	2011	209.29	152.87	131.08	43.48	9.87	5.23	6.26	11.10	23.79	58.47	132.02	144.55
50	2012	206.41	152.90	126.83	43.11	9.87	5.23	6.26	11.13	23.79	58.47	134.91	149.87
51	2013	216.64	152.94	128.42	42.44	9.87	5.23	6.26	11.11	23.78	58.47	121.72	146.31
52	2014	182.52	148.25	46.80	13.00	6.00	0.00	3.90	3.50	19.10	63.50	9.80	150.00
53	2015	97.80	62.10	73.20	72.40	7.40	0.50	1.50	12.10	12.50	17.00	15.60	93.50
54	2016	66.80	131.30	36.00	58.10	1.70	0.10	8.20	2.10	4.50	30.60	16.60	69.30
55	2017	92.10	58.30	133.00	37.60	12.80	0.10	3.10	0.00	6.90	31.00	42.20	79.70
56	2018	77.50	141.90	66.30	14.70	1.10	4.60	11.90	27.70	2.20	64.10	41.40	53.90



### **Procesamiento de la Información Pluviométrica Completa**

Después de efectuar la completación y extensión de la información pluviométrica de las estaciones seleccionadas, se ha determinado utilizar los registros de 05 estaciones meteorológicas. Asimismo, las estaciones seleccionadas se les ha sometido a las distintas pruebas estadísticas de calidad y análisis de bondad para una verificación de su consistencia y calidad de su información.

Los registros completos y extendidos de la precipitación media mensual de las estaciones seleccionadas se pueden ver de la Tabla 5.7 al 5.11.

Algunas técnicas de regionalización hidrológica son las siguientes (Escalante Sandoval, C.& Reyes Chávez, L., 2002):

- Método de la avenida índice
- Técnica de las estaciones –año
- Técnica de correlación y regresión
- Aplicación regional de la transformación de Box –Cox

En el presente trabajo de tesis, se emplea la técnica de correlación y regresión con los promedios multianuales de las precipitaciones medias mensuales naturalizados de los registros para inferir precipitaciones medias mensuales multianuales adecuadas a cada cuota que interviene en la zona de estudio. En la regresión, se denomina variable dependiente, a la variable que se va a predecir, y variable independiente, a la variable o variables que se usan para predecir.

El programa que se va a emplear para obtener los parámetros estadísticos de las regresiones es el Microsoft Excel 2016 a través de su herramienta Análisis de Datos para luego interpretar dichos parámetros y verificar su validez. La información en el Excel es introducida mediante hojas de cálculo como se notará posteriormente.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de las precipitaciones medias mensuales para las diferentes estaciones relacionados al proyecto:



**Tabla 5. 12** *Cuadro resumen de las precipitaciones medias mensuales de las 06 estaciones meteorológicas utilizadas en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia*

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		PERAYOC			Latitud :		13° 31' 1"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		71° 57' 1"			Provincia :		CUSCO		
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica			Altitud :		3429			Distrito :		CUSCO		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2018	173.51	139.32	114.96	41.49	8.15	6.66	5.25	9.51	21.83	47.38	86.33	121.00	775.39

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		ZURITE			Latitud :		13° 28' 1"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		72° 16' 1"			Provincia :		ANTA		
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica			Altitud :		3506			Distrito :		ZURITE		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2003	178.64	147.48	120.14	51.77	9.46	5.37	7.54	9.45	26.13	54.25	95.74	132.19	659.51

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		PARURO			Latitud :		13° 46' 3"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		71° 50' 41"			Provincia :		PARURO		
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica			Altitud :		3084			Distrito :		PARURO		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2018	171.34	154.90	141.06	39.78	5.94	2.95	4.94	9.15	19.90	45.38	81.79	127.32	633.11

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		ANTA ANCACHURO			Latitud :		13° 28' 6"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		72° 12' 57"			Provincia :		ANTA		
Tipo de Estación:		Tipo Convencional - Meteorológica			Altitud :		3340			Distrito :		ZURITE		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2018	164.83	137.18	119.19	44.12	7.67	6.96	5.80	8.86	17.74	46.67	87.16	125.25	606.60

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		GRANJA KAYRA			Latitud :		13° 33' 24"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		71° 52' 30"			Provincia :		CUSCO		
Tipo de Estación:		Tipo Automtica - Meteorológica			Altitud :		3219			Distrito :		SAN JERONIMO		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2018	139.11	120.46	97.80	43.26	7.14	4.06	3.87	8.12	17.87	50.53	76.58	109.99	539.69

PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA														
Estación :		YAURI			Latitud :		14° 49' 1"			Departam :		CUSCO		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)			Longitud :		71° 25' 1"			Provincia :		ESPINAR		
Tipo de Estación:		Tipo Automtica - Meteorológica			Altitud :		3927			Distrito :		ESINAR		
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
55	1963-2015	181.16	161.58	123.06	51.59	8.33	5.38	4.14	10.96	20.44	43.35	79.20	117.92	625.95

## Regresión Lineal Simple

Se ha observado que existe una cierta dependencia entre las precipitaciones que se suceden en dos cuencas vecinas, sometidas a un régimen climatológico similar.

La existencia de dicha dependencia no quiere decir que exista una relación inequívoca y biunívoca entre las precipitaciones en ellas registradas ya que ciertos fenómenos meteorológicos pueden afectar accidentalmente solo a una de ellas, produciéndose la dispersión natural en los valores registrados en cada una de las cuencas.



Sin embargo, los métodos estadísticos permiten obtener una correlación entre los valores correspondientes a cada cuenca consiguiéndose así una ampliación de los registros existentes con valores estimados que puede tomar la variable desconocida según los cambios que ocurran en la otra, conocida.

Si bien los valores así obtenidos no son del todo exactos, al no poder tenerse en cuenta las causas de la dispersión, pero es probable que exista compensación de errores, con lo que los resultados obtenidos no difieren grandemente de los que se hubieran obtenido en el caso de disponer datos directos.

Con el fin de lograr la mejor precisión, se aplican las leyes de regresión  $y = f(x)$ , que más se acerquen a los datos experimentales, obteniéndose la ecuación de la curva de mayor ajuste, es decir, aquella con la que se cumple que la condición de que: la suma de los cuadrados de las distancias entre los puntos observados y la curva sea mínima.

La regresión lineal simple es el modelo más elemental de un análisis de regresión en el que interviene una variable independiente y una variable dependiente. La relación entre estas variables se aproxima mediante una línea recta.

La ecuación que describe la relación entre la variable independiente denominada  $x$  con la variable dependiente denominada  $y$ , en el modelo de regresión lineal simple se caracteriza según la siguiente expresión (Anderson, Sweeney & Williams, 2011):

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

Donde  $\beta_0$  y  $\beta_1$  se conocen como parámetros del modelo y  $\epsilon$  es una variable aleatoria llamada término del error o perturbación y se distribuye normalmente. De acuerdo a principios estadísticos, la realización de las pruebas de hipótesis se basa en el supuesto de que, si  $\epsilon$  se distribuye normalmente, también lo hará la variable dependiente “ $y$ ” la variable independiente “ $x$ ” (Uriel, E., 2013). El término  $\epsilon$  se refiere a la variabilidad de “ $y$ ” que no puede ser interpretada por el modelo de regresión lineal.

Los valores  $\beta_0$  y  $\beta_1$  de  $y$  son parámetros desconocidos; entonces, se estiman empleando datos muestrales respectivos para obtener las estimaciones estadísticas denominadas  $b_0$  y  $b_1$ , respectivamente. Finalmente, la ecuación de regresión estimada de la regresión lineal simple se caracteriza según la siguiente expresión:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i$$

Donde:

- $Y_i$  = Valor estimado de la variable dependiente en la observación  $i$ ésima
- $b_0$  = Intersección de la recta de regresión estimada con el eje
- $b_1$  = Pendiente de la recta de regresión estimada
- $X_i$  = Valor de la variable independiente en la observación  $i$ ésima

### **Cálculo de la Precipitación Media Anual**

Como se indicó la precipitación es uno de los factores que influyen en los fenómenos geodinámicos externos. Por tal motivo vamos a determinar la precipitación en la zona de estudio utilizando el método de “regresión lineal simple”, también conocido como “Regionalización de la Precipitación”.

Con el propósito de determinar el valor de la precipitación media anual en puntos sin registros, se estableció una correlación entre la precipitación y la altitud, tomando como base los registros de precipitación media anual de las 05 estaciones mencionadas en el cuadro anterior, las mismas que son las más cercanas al área





de proyecto en diferentes altitudes. Las estaciones corresponden a zonas climáticas de sierra con altitudes entre los 3075 y 4125 msnm y con precipitación media anual que varía entre 734.063 a 850.420 mm.

La ecuación hallada es de tipo:

$$P^2 = B_0 + B_1 x H$$

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(n - 1)\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

- P = Precipitación media anual en mm.
- Y = Altitud sobre el nivel del mar en metros.
- B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> = Constantes de la regionalización.
- r = Coeficiente de correlación.
- n= Número de estaciones utilizadas.

### Fórmulas para cálculo de los parámetros de regresión:

Altura Media de la Estación meteorológica (m.s.n.m.): X

Precipitación media mensual (mm): Y

A = Sumatoria (X)

E = Sumatoria (X\*Y<sup>2</sup>)

I = F-((D<sup>2</sup>)/n)

B = Sumatoria (Y)

F = Sumatoria (Y<sup>4</sup>)

J = B1 = H/G

C = Sumatoria (X<sup>2</sup>)

G = C-((A<sup>2</sup>)/n)

K = B0 = (D-J\*A)/n

D = Sumatoria (Y<sup>2</sup>)

H = E-(A\*D/n)

### I) Calculamos nuestra regresión lineal:

Ecuación de Regresión Lineal\*:  $Y^2 = B_0 + B_1 x H$

\* Este cálculo nos sirve para obtener la precipitación media mensual corregida para cada estación meteorológica utilizada.

### II) Pasamos a calcular el coeficiente de correlación:

El coeficiente de correlación se utiliza para determinar el grado de dependencia lineal que existe entre dos variables.

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(n - 1)\sigma_x \sigma_y}$$

Si r = 1, no existirá ninguna dispersión, por lo que los puntos quedarán situados en la recta de regresión que será única para X e Y. Para valores pequeños de r la correlación lineal no tiene sentido, lo que no quiere decir que X e Y sean independientes.

Si r = 0 la correlación entre las dos variables no existe. Si r < 0 indica la existencia de anti-correlación.

Para fines prácticos se acepta que para valores de r entre 0.7 y 0.75 la correlación es regular, para valores entre 0.76 y 0.85 la correlación es buena y para valores entre 0.86 y 1.00 la correlación es muy buena.

### III) Pasamos a remplazar cada altura en la ecuación de regresión lineal:

Precipitación Media Mensual (mm):

$$P^2 = B_0 + B_1 x H$$



Donde:

- H : Altura de cada curva de nivel a regionalizar.

La ecuación de la recta que define para el mes de enero es:

$$P^2 = -481.39 + 8.22xH$$

**Tabla 5. 13** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de enero en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

ENERO								
Nombre de la estacion	Altitud media (m.s.n.m) (X)	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)	
			x2	y2	x*y2	y4		
Perayoc	3429	173.51	11758041	30106.72329	103235954.1	906414787	166.47	
kayra	3219	139.11	10361961	19351.66382	62293005.83	374486892.5	161.20	
Zurite	3506	178.64	12292036	31910.64648	111878726.6	1018289359	168.36	
Anta	3340	164.83	11155600	27167.70483	90740134.14	738084185.9	164.25	
Yauri	3927	181.16	15421329	32819.19187	128880966.5	1077099355	1635601.48	
Sumatoria	13494	656.08	45567638	108536.7384	368147820.7	3037275224	660.27	
n	5	5	5	5	5	5	5	
Promedio	2698.80	131.22	9113527.60	21707.35	73629564.13	607455044.82	132.05	
Formulas para calculo de parametros de regresión			Valores de parametros de regresion					
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	9150030.80	COEF INDEPENDIENTE B0 =		-481.39		
B=SUM Y	656.08	H = E-(A*D/n)	75228871.04	COEF DEPENDIENTE B1 =		8.22		
C=SUM X2	45567638.00	I = F-((D^2)/n)	681230506.95	COEF DE CORRELACION r =		0.97		
D=SUM Y2	108536.74	J = B1 =H/G	8.22	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL				
E=SUM X*Y2	368147820.67	K = B0 = (D-J*A)/n	-481.39	MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION P.		
F=SUM Y4	3037275224.08			ZON MEDIA	3429.44	166.48		
				ZON BAJA	3677.05	172.48		
				ZON ALTA	3245.79	161.88		

La ecuación de la recta que define para el mes de febrero es:

$$P^2 = -246.20 + 5.61xH$$

**Tabla 5. 14** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de febrero en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

FEBRERO								
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)		
		x2	y2	x*y2	y4			
Perayoc	139.32	11758041	19409.93692	66556673.69	376745651.1	137.82		
kayra	120.46	10361961	14511.68517	46713114.56	210589006.4	133.48		
Zurite	147.48	12292036	21749.78563	76254748.42	473053174.9	139.38		
Anta	137.18	11155600	18818.95664	62855315.17	354153128.9	136.00		
Yauri	161.58	15421329	26107.93367	102525855.5	681624200.7	#¡NUM!		
Sumatoria	544.44	45567638	74490.36435	252379851.8	1414540961	546.69		
n	5	5	5	5	5	5		
Promedio	108.89	9113527.60	14898.07	50475970.37	282908192.28	109.34		
Formulas para calculo de parametros de regresión			Valores de parametros de regresion					
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	9150030.80	COEF INDEPENDIENTE B0 =		-246.20		
B=SUM Y	544.44	H = E-(A*D/n)	51345256.52	COEF DEPENDIENTE B1 =		5.61		
C=SUM X2	45567638.00	I = F-((D^2)/n)	304778085.13	COEF DE CORRELACION r =		0.97		
D=SUM Y2	74490.36	J = B1 =H/G	5.61	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL				
E=SUM X*Y2	252379851.83	K = B0 = (D-J*A)/n	-246.20	MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION		
F=SUM Y4	1414540961.41			ZON MEDIA	3429.44	137.83		
				ZON BAJA	3677.05	142.78		
				ZON ALTA	3245.79	134.04		



La ecuación de la recta que define para el mes de marzo es:

$$P^2 = -152.84 + 3.87xH$$

**Tabla 5. 15** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de marzo en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

MARZO						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		$P^2 = B_0 + B_1xH$				
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	114.96	11758041	13215.61778	45316353.36	174652553.3	114.49
kayra	97.80	10361961	9565.115428	30790106.56	91491433.14	110.89
Zurite	120.14	12292036	14432.51599	50600401.06	208297517.8	115.78
Anta	119.19	11155600	14206.51574	47449762.57	201825089.5	112.98
Yauri	123.06	15421329	15143.12839	59467065.2	229314337.5	#¡NUM!
Sumatoria	452.09	45567638	51419.76494	174156623.6	676266593.7	454.13
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	90.42	9113527.60	10283.95	34831324.71	135253318.74	90.83
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	9150030.80	COEF INDEPENDIENTE B0 =	-152.84	
B=SUM Y	452.09	H = E-(A*D/n)	35384961.95	COEF DEPENDIENTE B1 =	3.87	
C=SUM X2	45567638.00	I = F-((D^2)/n)	147468148.48	COEF DE CORRELACION r =	0.83	
D=SUM Y2	51419.76	J = B1 =H/G	3.87	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	174156623.56	K = B0 = (D-J*A)/n	-152.84			
F=SUM Y4	676266593.72			MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	114.50
				ZON BAJA	3677.05	118.60
				ZON ALTA	3245.79	111.35

La ecuación de la recta que define para el mes de abril es:

$$P^2 = 2.18 + 0.02xH$$

**Tabla 5. 16** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de abril en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

ABRIL						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		$P^2 = B_0 + B_1xH$				
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	41.49	19409.93692	1721.091896	239781.7478	2962157.314	45.46072103
kayra	43.26	14511.68517	1871.026151	225392.1475	3500738.856	44.10249358
Zurite	51.77	21749.78563	2679.977101	395237.8914	7182277.261	45.94867937
Anta	44.12	18818.95664	1946.366886	267006.896	3788344.056	44.89010924
Yauri	51.77	26107.93367	2679.977101	433029.3505	7182277.261	561.7311547
Sumatoria	180.63	74490.36435	8218.462034	1127418.683	17433517.49	180.4020032
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	36.13	14898.07	1643.69	225483.74	3486703.50	36.08
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36343116.84	COEF INDEPENDIENTE B0 =	80.35	
B=SUM Y	180.63	H = E-(A*D/n)	-21052566.65	COEF DEPENDIENTE B1 =	0.58	
C=SUM X2	74490.36	I = F-((D^2)/n)	3924893.85	COEF DE CORRELACION r =	0.60	
D=SUM Y2	8218.46	J = B1 =H/G	0.58	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	1127418.68	K = B0 = (D-J*A)/n	80.35			
F=SUM Y4	17433517.49			MICROCUENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	45.46
				ZON BAJA	3677.05	47.01
				ZON ALTA	3245.79	44.28



La ecuación de la recta que define para el mes de mayo es:

$$P^2 = 80.35 + 0.58xH$$

**Tabla 5. 17** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de mayo en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

MAYO						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	8.15	13215.61778	66.44043899	7637.939747	4414.331934	8.18
kayra	7.14	9565.115428	51.03716521	4991.506623	2604.792232	7.94
Zurite	9.46	14432.51599	89.43523955	10744.33889	7998.662073	8.27
Anta	7.67	14206.51574	58.85173297	7014.602153	3463.526473	8.08
Yauri	8.33	15143.12839	69.41271441	8541.749487	4818.124921	92.53
Sumatoria	32.42	51419.76494	265.7645767	30388.38742	18481.31271	32.47
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	6.48	10283.95	53.15	6077.68	3696.26	6.49
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36366187.44	COEF INDEPENDIENTE B0 =		2.18
B=SUM Y	32.42	H = E-(A*D/n)	-686857.05	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.02
C=SUM X2	51419.76	I = F-((D^2)/n)	4355.15	COEF DE CORRELACION r =		0.94
D=SUM Y2	265.76	J = B1 =H/G	0.02			
E=SUM X*Y2	30388.39	K = B0 = (D-J*A)/n	2.18	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
F=SUM Y4	18481.31			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	8.18
				ZON BAJA	3677.05	8.46
				ZON ALTA	3245.79	7.97

La ecuación de la recta que define para el mes de junio es:

$$P^2 = 0.45 + 0.01xH$$

**Tabla 5. 18** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de junio en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

JUNIO						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	6.66	1721.091896	44.35991246	1840.317306	1967.801833	5.91
kayra	4.06	1871.026151	16.46773289	712.3177109	271.1862264	5.73
Zurite	5.37	2679.977101	28.88457764	1495.31112	834.3188253	5.98
Anta	6.96	1946.366886	48.41280111	2135.85893	2343.799312	5.84
Yauri	5.38	2679.977101	28.89570838	1495.887342	834.9619629	42.14
Sumatoria	23.05	8218.462034	138.1250241	6183.805067	5417.106196	23.46
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	4.61	1643.69	27.63	1236.76	1083.42	4.692788448
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36409388.74	COEF INDEPENDIENTE B0 =		0.45
B=SUM Y	23.05	H = E-(A*D/n)	-366588.01	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.01
C=SUM X2	8218.46	I = F-((D^2)/n)	1601.40	COEF DE CORRELACION r =		0.45
D=SUM Y2	138.13	J = B1 =H/G	0.01			
E=SUM X*Y2	6183.81	K = B0 = (D-J*A)/n	0.45	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
F=SUM Y4	5417.11			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	5.91
				ZON BAJA	3677.05	6.12
				ZON ALTA	3245.79	5.76





La ecuación de la recta que define para el mes de julio es:

$$P^2 = 0.08 + 0.01xH$$

**Tabla 5. 19** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de julio en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

JULIO						
Nombre de la estación	Precipitación media mensual (mm) (Y)	Ecuación de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitación media mensual corregida (mm)
		x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y <sup>2</sup>	y <sup>4</sup>	
Perayoc	5.247859144	66.44	27.5400256	224.4815158	758.4530098	5.81
kayra	3.871191809	51.04	14.98612602	107.0613345	224.5839731	5.63
Zurite	7.540987101	89.44	56.86648646	537.7875367	3233.797283	5.88
Anta	5.801992461	58.85	33.66311651	258.246205	1133.205413	5.74
Yauri	4.14	69.41	17.16033329	142.9701038	294.4770387	18.09
Sumatoria	22.46203051	265.76	133.0557546	1127.576592	5350.039679	23.06
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	4.49	53.15	26.61	225.52	1070.01	4.61
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A = SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36417341.44	COEF INDEPENDIENTE B0 =		0.08
B = SUM Y	22.46	H = E-(A*D/n)	-357963.29	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.01
C = SUM X <sup>2</sup>	265.76	I = F-((D^2)/n)	1809.27	COEF DE CORRELACION r =		0.89
D = SUM Y <sup>2</sup>	133.06	J = B1 = H/G	0.01	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E = SUM X*Y <sup>2</sup>	1127.58	K = B0 = (D-J*A)/n	0.08			
F = SUM Y <sup>4</sup>	5350.04			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	5.81
				ZON BAJA	3677.05	6.02
				ZON ALTA	3245.79	5.66

La ecuación de la recta que define para el mes de agosto es:

$$P^2 = 0.14 + 0.02xH$$

**Tabla 5. 20** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de agosto en el proceso de regionalización de precipitaciones.  
Fuente Propia.

AGOSTO						
Nombre de la estación	Precipitación media mensual (mm) (Y)	Ecuación de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitación media mensual corregida (mm)
		x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y <sup>2</sup>	y <sup>4</sup>	
Perayoc	9.512	44.35991246	90.48685738	602.6717653	8187.871359	9.07193684
kayra	8.116	16.46773289	65.86735517	267.292721	4338.508477	8.79024330
Zurite	9.447	28.88457764	89.24160007	479.6233953	7964.063182	9.17305730
Anta	8.856	48.41280111	78.42536242	545.6782452	6150.537471	8.95363458
Yauri	10.962	28.89570838	120.1720411	645.9815447	14441.31947	23.46473663
Sumatoria	35.931	138.1250241	324.021175	1895.266127	26640.98049	35.98887202
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	7.19	27.63	64.80	379.05	5328.20	7.20
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A = SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36417469.07	COEF INDEPENDIENTE B0 =		0.14
B = SUM Y	35.93	H = E-(A*D/n)	-872573.08	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.02
C = SUM X <sup>2</sup>	138.13	I = F-((D^2)/n)	5643.04	COEF DE CORRELACION r =		0.95
D = SUM Y <sup>2</sup>	324.02	J = B1 = H/G	0.02	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E = SUM X*Y <sup>2</sup>	1895.27	K = B0 = (D-J*A)/n	0.14			
F = SUM Y <sup>4</sup>	26640.98			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	9.07
				ZON BAJA	3677.05	9.39
				ZON ALTA	3245.79	8.83



La ecuación de la recta que define para el mes de septiembre es:

$$P^2 = 0.79 + 0.13xH$$

**Tabla 5. 21** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de septiembre en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

SEPTIEMBRE						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	21.8	27.5400256	476.6403227	2501.341276	227185.9973	21.34
kayra	17.9	14.98612602	319.5112522	1236.889342	102087.4403	20.68
Zurite	26.1	56.86648646	682.873672	5149.541552	466316.4518	21.58
Anta	17.7	33.66311651	314.5471507	1825.000197	98939.90999	21.07
Yauri	20.4	17.16033329	417.9330356	1731.288964	174668.0223	55.79
Sumatoria	83.6	133.0557546	1793.572398	10712.77237	894529.7994	84.67
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	16.71	26.61	358.71	2142.55	178905.96	16.93
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36417474.14	COEF INDEPENDIENTE B0 =		0.79
B=SUM Y	83.57	H = E-(A*D/n)	-4829780.41	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.13
C=SUM X2	133.06	I = F-((D^2)/n)	251149.41	COEF DE CORRELACION r =		0.90
D=SUM Y2	1793.57	J = B1 =H/G	0.13	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	10712.77	K = B0 = (D-J*A)/n	0.79			
F=SUM Y4	894529.80			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	21.35
				ZON BAJA	3677.05	22.10
				ZON ALTA	3245.79	20.77

La ecuación de la recta que define para el mes de octubre es:

$$P^2 = 6.59 + 0.73xH$$

**Tabla 5. 22** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de octubre en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

OCTUBRE						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	47.38	90.48685738	2244.647505	21352.11513	5038442.42	50.19
kayra	50.53	65.86735517	2552.906026	20719.05489	6517329.178	48.63
Zurite	54.25	89.24160007	2942.547653	27797.59217	8658586.689	50.74
Anta	46.67	78.42536242	2178.141659	19289.20766	4744301.086	49.53
Yauri	43.35	120.1720411	1879.078625	20599.02531	3530936.478	160.86
Sumatoria	198.82	324.021175	9918.242842	89157.96986	24958659.37	199.09
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	39.76	64.80	1983.65	17831.59	4991731.87	39.82
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36417283.18	COEF INDEPENDIENTE B0 =		6.59
B=SUM Y	198.82	H = E-(A*D/n)	-26678195.81	COEF DEPENDIENTE B1 =		0.73
C=SUM X2	324.02	I = F-((D^2)/n)	5284351.16	COEF DE CORRELACION r =		0.35
D=SUM Y2	9918.24	J = B1 =H/G	0.73	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	89157.97	K = B0 = (D-J*A)/n	6.59			
F=SUM Y4	24958659.37			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	50.19
				ZON BAJA	3677.05	51.96
				ZON ALTA	3245.79	48.83



La ecuación de la recta que define para el mes de noviembre es:

$$P^2 = 47.27 + 2.21xH$$

**Tabla 5. 23** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de noviembre en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

NOVIEMBRE						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	86.33	476.6403227	7453.03369	162715.3311	55547711.18	87.36
kayra	76.58	319.5112522	5865.218338	104840.0604	34400786.15	84.66
Zurite	95.74	682.873672	9166.000184	239524.5573	84015559.38	88.33
Anta	87.16	314.5471507	7596.874077	134734.1868	57712495.74	86.22
Yauri	79.20	417.9330356	6272.757676	128236.5606	39347488.86	430.84
Sumatoria	345.81	1793.572398	30081.12629	641814.1356	231676552.5	346.56
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	69.16	358.71	6016.23	128362.83	46335310.49	69.31
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36415813.63	COEF INDEPENDIENTE B0 =		47.27
B=SUM Y	345.81	H = E-(A*D/n)	-80541129.49	COEF DEPENDIENTE B1 =		2.21
C=SUM X2	1793.57	I = F-((D^2)/n)	50701720.69	COEF DE CORRELACION r =		0.94
D=SUM Y2	30081.13	J = B1 =H/G	2.21	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	641814.14	K = B0 = (D-J*A)/n	47.27			
F=SUM Y4	231676552.45			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	87.36
				ZON BAJA	3677.05	90.44
				ZON ALTA	3245.79	85.01

La ecuación de la recta que define para el mes de diciembre es:

$$P^2 = 218.01 + 4.36xH$$

**Tabla 5. 24** Cuadro del cálculo de la precipitación media del mes de diciembre en el proceso de regionalización de precipitaciones. Fuente Propia.

DICIEMBRE						
Nombre de la estacion	Precipitacion media mensual (mm) (Y)	Ecuacion de Regresión $P^2 = B_0 + B_1xH$				Precipitacion media mensual corregida (mm)
		x2	y2	x*y2	y4	
Perayoc	121.00	2244.647505	14641.8981	693699.6176	214385180	123.14
kayra	109.99	2552.906026	12098.67527	611301.1808	146377943.3	119.37
Zurite	132.19	2942.547653	17474.92014	947931.4929	305372833.8	124.49
Anta	125.25	2178.141659	15688.22449	732178.3043	246120387.6	121.55
Yauri	117.92	1879.078625	13905.2112	602767.8301	193354898.7	925.28
Sumatoria	488.44	9918.242842	59903.718	2985110.596	912256344.7	488.55
n	5	5	5	5	5	5
Promedio	97.69	1983.65	11980.74	597022.12	182451268.94	97.71
Formulas para calculo de parametros de regresión				Valores de parametros de regresion		
A=SUM X	13494.00	G = C-((A^2)/n)	-36407688.96	COEF INDEPENDIENTE B0 =		218.01
B=SUM Y	488.44	H = E-(A*D/n)	-158683043.54	COEF DEPENDIENTE B1 =		4.36
C=SUM X2	9918.24	I = F-((D^2)/n)	194565258.72	COEF DE CORRELACION r =		0.88
D=SUM Y2	59903.72	J = B1 =H/G	4.36	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
E=SUM X*Y2	2985110.60	K = B0 = (D-J*A)/n	218.01			
F=SUM Y4	912256344.70			MICROCUCENCA	ALTITUD	PRECIPITACION
				ZON MEDIA	3429.44	123.15
				ZON BAJA	3677.05	127.45
				ZON ALTA	3245.79	119.85



**Tabla 5. 25** Cuadro resumen de las precipitaciones medias obtenidas mediante el proceso de regionalización por el método de regresión lineal, PP (mm) cada 25 m. Fuente Propia.

Altitud media (m.s.n.m)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4125	152.848	123.185	59.919	51.774	10.066	5.460	6.337	10.037	24.730	57.691	93.661	135.311
4100	153.064	123.671	62.837	51.622	10.036	5.444	6.318	10.007	24.655	57.516	93.378	134.906
4075	153.280	124.154	65.625	51.470	10.007	5.428	6.299	9.976	24.580	57.341	93.095	134.499
4050	153.496	124.636	68.300	51.317	9.977	5.411	6.280	9.946	24.504	57.165	92.810	134.091
4025	153.711	125.115	70.873	51.163	9.947	5.395	6.260	9.915	24.429	56.989	92.525	133.682
4000	153.926	125.593	73.357	51.010	9.917	5.378	6.241	9.884	24.353	56.812	92.239	133.271
3975	154.140	126.070	75.759	50.855	9.887	5.361	6.221	9.853	24.277	56.635	91.952	132.860
3950	154.354	126.544	78.087	50.701	9.856	5.345	6.202	9.822	24.200	56.457	91.664	132.447
3925	154.568	127.016	80.347	50.545	9.826	5.328	6.182	9.791	24.124	56.278	91.375	132.032
3900	154.782	127.487	82.546	50.390	9.796	5.311	6.163	9.760	24.047	56.099	91.085	131.617
3875	154.995	127.956	84.688	50.233	9.765	5.294	6.143	9.729	23.970	55.919	90.794	131.200
3850	155.208	128.424	86.777	50.077	9.734	5.277	6.123	9.697	23.893	55.739	90.503	130.781
3825	155.421	128.889	88.817	49.919	9.704	5.260	6.103	9.666	23.815	55.558	90.210	130.362
3800	155.634	129.353	90.811	49.762	9.673	5.243	6.083	9.634	23.737	55.377	89.917	129.941
3775	155.846	129.816	92.762	49.604	9.642	5.226	6.063	9.602	23.659	55.195	89.622	129.518
3750	156.058	130.276	94.673	49.445	9.611	5.209	6.043	9.571	23.581	55.012	89.326	129.095
3725	156.269	130.736	96.546	49.286	9.580	5.192	6.023	9.539	23.502	54.829	89.030	128.669
3700	156.481	131.193	98.383	49.126	9.549	5.175	6.003	9.507	23.423	54.645	88.733	128.243
3675	156.692	131.649	100.187	48.966	9.517	5.157	5.983	9.475	23.344	54.461	88.434	127.815
3650	156.902	132.103	101.959	48.805	9.486	5.140	5.962	9.442	23.265	54.276	88.135	127.385
3625	157.113	132.556	103.700	48.644	9.454	5.123	5.942	9.410	23.185	54.090	87.834	126.955
3600	157.323	133.007	105.413	48.482	9.423	5.105	5.921	9.377	23.105	53.903	87.533	126.522
3575	157.533	133.457	107.099	48.319	9.391	5.088	5.901	9.345	23.025	53.716	87.230	126.088
3550	157.743	133.905	108.758	48.156	9.359	5.070	5.880	9.312	22.944	53.529	86.926	125.653
3525	157.952	134.352	110.392	47.993	9.327	5.052	5.859	9.279	22.864	53.340	86.622	125.216
3500	158.161	134.797	112.003	47.829	9.295	5.035	5.839	9.246	22.782	53.151	86.316	124.778
3475	158.370	135.241	113.591	47.664	9.263	5.017	5.818	9.213	22.701	52.962	86.009	124.338
3450	158.578	135.683	115.156	47.499	9.231	4.999	5.797	9.180	22.619	52.771	85.701	123.897
3425	158.787	136.124	116.701	47.333	9.198	4.981	5.776	9.147	22.537	52.580	85.392	123.454
3400	158.994	136.563	118.226	47.167	9.166	4.963	5.755	9.114	22.455	52.389	85.082	123.009
3375	159.202	137.001	119.731	47.000	9.133	4.945	5.734	9.080	22.373	52.196	84.770	122.563
3350	159.410	137.438	121.217	46.833	9.101	4.927	5.713	9.046	22.290	52.003	84.458	122.115
3325	159.617	137.873	122.686	46.664	9.068	4.909	5.691	9.013	22.207	51.809	84.144	121.665
3300	159.824	138.307	124.137	46.496	9.035	4.891	5.670	8.979	22.123	51.614	83.829	121.214
3275	160.030	138.739	125.571	46.326	9.002	4.872	5.648	8.945	22.039	51.419	83.513	120.761
3250	160.237	139.171	126.990	46.156	8.968	4.854	5.627	8.911	21.955	51.223	83.196	120.307
3225	160.443	139.600	128.392	45.986	8.935	4.835	5.605	8.876	21.871	51.026	82.878	119.850
3200	160.649	140.029	129.779	45.815	8.902	4.817	5.584	8.842	21.786	50.829	82.558	119.392
3175	160.854	140.456	131.152	45.643	8.868	4.798	5.562	8.807	21.701	50.630	82.237	118.932
3150	161.059	140.882	132.511	45.470	8.834	4.780	5.540	8.773	21.615	50.431	81.915	118.471
3125	161.264	141.307	133.855	45.297	8.800	4.761	5.518	8.738	21.530	50.231	81.592	118.007
3100	161.469	141.730	135.187	45.123	8.766	4.742	5.496	8.703	21.444	50.030	81.267	117.542
3075	161.674	142.152	136.505	44.949	8.732	4.723	5.474	8.668	21.357	49.829	80.941	117.075



### 5.3. Hidrogeología

El presente apartado se desarrolló teniendo en cuenta la información, que se encuentra en el Boletín Geológico del Cuadrángulo del Cusco, en el capítulo VII. Para poder comprender mejor este apartado vamos a definir los conceptos de acuíferos, acuíclados, acuitardos y acuífugos.

#### Acuíferos

Rocas o suelos capaces “de almacenar y transmitir agua subterránea... aquella que permite el movimiento del agua por gravedad... Los acuíferos pueden ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

#### Acuitardos

“Son rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior o en forma localizada debido a su poca permeabilidad” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

#### Acuíclados

Rocas o suelos capaces “de almacenar agua, incluso hasta llegar al punto de saturación, pero no la transmiten. Este tipo de material se caracteriza por ser poroso pero no permeable, como las arcillas” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

#### Acuífugos

“Es toda formación geológica que no almacena ni transmite agua. Son rocas impermeables y se comportan como sello, es decir, condicionan el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

#### 5.3.1. Clasificación Hidrogeológica de las Unidades Geológicas

##### Acuífero Paruro II

El acuífero Paruro II es un acuífero sedimentario consolidado, caracterizado por la presencia de estratos de conglomerados, según Carlotto et al. (2011) los conglomerados superan los 800 metros de espesor, son de buena permeabilidad y de una mediana productividad. En el tramo de carretera se pudo apreciar estos conglomerados como se pueden apreciar en las columnas estratigráficas levantadas (Columnas N° 14, 15, 16 y parte superior de la columna 18).



**Foto 5. 1** Afloramiento de areniscas y conglomerados de la formación Paruro. Fuente Propia.



**Foto 5. 2** *Tamaño máximo de los conglomerados, aproximadamente 15 cm. Fuente Propia.*

### **Acuífero Soncco**

El acuífero Soncco es un acuífero sedimentario fisurado, según Carlotto et al. (2011), está conformado por la intercalación de areniscas, lutitas y algunos estratos de conglomerados de menor diámetro que la que se encuentran en la formación Paruro, estos estratos se encuentran altamente fracturados, por tal motivo posee una gran porosidad efectiva secundaria facilitando la infiltración, en otras palabras, tiene buena permeabilidad (Columnas N° 1, 2, 3, 9).



**Foto 5. 3** *Afloramiento de mamantes en la formación Soncco. Fuente Propia.*

### **Acuitardo Soncco I**

El acuitardo Soncco I es un acuitardo sedimentario, constituido por la intercalación de areniscas y lutitas, pero la presencia de lutitas es mucho mayor y las areniscas tienen un alto contenido de matriz, areniscas grauvacas, (Columnas N° 11, 12 y 13).

### **Acuitardo Paruro I**

El acuitardo Paruro I también es de tipo sedimentario (Carlotto et al., 2011), está compuesto por la intercalación de limolitas, lutitas, areniscas y conglomerados, donde predominan más las lutitas y limolitas (Columnas N° 17 y 18).





**Foto 5.4** Intercalación de areniscas y lutitas, ambas, altamente fracturadas. Fuente Propia.



**Foto 5.5** Intercalaciones de lutitas y areniscas de la formación Soncco. Fuente Propia.



**Foto 5.6** Intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas de la formación Paruro. Fuente Propia.



## **CAPITULO VI**

### **GEOTÉCNIA**



## 6.1. Generalidades

Determinar los parámetros geomecánicos de los materiales geológicos presentes en la zona de estudio son muy importantes para caracterizar de manera adecuada los taludes y/o las laderas. Esta caracterización “geomecánica” nos ayudará a encontrar, con una mayor precisión, la causa de la inestabilidad de los taludes y/o laderas, nos ayudará a conocer las propiedades geomecánicas que favorecen al movimiento y gracias a este conocimiento, se podrá plantear soluciones adecuadas para cada fenómeno geodinámico.

### 6.1.1. Caracterización Geomecánica de los Afloramientos Rocosos

En los afloramientos rocosos, las discontinuidades juegan un papel muy importante a la hora de analizar el comportamiento geomecánico del afloramiento. La aplicación de las clasificaciones geomecánicas nos ayuda a evaluar empíricamente la estabilidad de un talud o una ladera. En este trabajo de investigación vamos a aplicar la clasificación geomecánica de Bieniawski RMR (Rock Mass Rating), que tiene en cuenta los siguientes parámetros (Vallejo et al., 2002):

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

Para aplicar esta clasificación se han seleccionado ventanas estructurales representativas de cada cierto tramo.

### 6.1.2. Ventanas estructurales

#### Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 01



Foto 6.1 Ventana estructural N° 1. Fuente Propia.

#### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Para determinar el parámetro de resistencia a la compresión uniaxial, vamos a utilizar la tabla de “Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas, a partir de índices de campo” propuesta por Vallejo et al., 2002 (p. 131).

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 01 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.



**Tabla 6. 1** Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas. Tomado de Vallejo et al., 2002 (p. 131).

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (MPa)
$S_1$	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm.	$< 0,025$
$S_2$	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
$S_3$	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05-0,1
$S_4$	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
$S_5$	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
$S_6$	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	$> 0,5$
$R_0$	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
$R_1$	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1,0-5,0
$R_2$	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
$R_3$	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
$R_4$	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
$R_5$	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
$R_6$	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	$> 250$

### Parámetro RQD

Determinación del RQD mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ), Vallejo et al., 2002 (p. 259), indica que se puede estimar el RQD mediante la “Frecuencia de Discontinuidades ( $\lambda$ ), aplicando la siguiente fórmula:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Dónde:

- $\lambda$  es la inversa del espaciado medio de las discontinuidades.

**Tabla 6. 2** RQD de la Ventana Estructural N° 1. Fuente Propia.

RQD=100e <sup>^</sup> (-0.1λ) (0.1 λ +1)	
Espaciamento Medio (X m)	0.1
$\lambda$	10
RQD (%)	73.58

### Clasificación RMR

**Tabla 6. 3** Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N°1. Modificado de CGI.

MAPEO GEOMECANICO RMR																	
Ventana N°: 01		Progresiva: 11+370			Bz. Talud: NE 70°		Az. Talud: N 300°		Bz. Estrato: SW 35°		Az. Estrato: N 175°						
PARÁMETROS				VALOR		RANGO						VALOR					
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50		>250 (15)		100-250 (12)		X 50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)		4	
RQD (%)				73.5		90-100 (20)		75-90 (17)		X 50-75 (13)		25-50 (8)		<25 (3)		13	
Espaciamiento de discontinuidades (m)						>2m (20)		0,6-2 m (15)		0,2-0.6m (10)		X 0.06-0.2m (8)		< 0.06m (5)		8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																	
Familia		Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	X	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6					
D1		SE 53°			10°	Abertura	Cerrada (6)	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1				
D2		SW 40°			145°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5				
D3		NE 76°			275°	Relleno	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1				
						Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5				
Agua subterránea							Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10				
Corrección por la Orientación																	-5
RMR <sub>99</sub> (Basico) =							53		RMR <sub>99</sub> ( Corregido) =							48	
		RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		REGULAR			
		DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA					



Para aplicar el RMR a la estabilidad de taludes se debe ajustar el valor obtenido según la tabla 6.4.

**Tabla 6. 4** Valoración de la orientación de las discontinuidades. Tomado de Ramírez (2004), p.168.

CALIFICATIVO	RANGO
Muy Favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy Desfavorable	-60

### Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 02



**Foto 6. 2** Ventana estructural N° 2. Fuente Propia.

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 02 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 5** RQD de la Ventana Estructural N° 2. Fuente Propia.

RQD=100e <sup>(-0.1λ)</sup> (0.1 λ +1)	
Espaciamiento Medio (X m)	0.2
λ	5
RQD (%)	90.98

### Clasificación RMR

**Tabla 6. 6** Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 2. Modificado de CGI.

MAPEO GEOMECANICO RMR													
Ventana N°: 02		Progresiva: 11+410			Bz. Talud: NE 73°		Az. Talud: N 320°		Bz. Estrato: SW 33°		Az. Estrato: N 173°		
PARÁMETROS				VALOR	RANGO							VALOR	
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50	>250 (15)	100-250 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4		
RQD (%)				90.98	90-100 (20)	75-90 (17)	X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	17		
Espaciamiento de discontinuidades (m)					>2m (20)	0,6-2 m (15)	X	0.2-0.6m (10)	0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	10		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES													
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4		
D1	SE 66°		15°	Abertura	Cerrada (6)		<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1	
D2	SW 40°		160°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5		
D3	NE 65°		279°	Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	X	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	2	
				Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5		
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10		
Orientación												-5	
RMR <sub>99</sub> (Basico) =					58		RMR <sub>99</sub> ( Corregido) =					53	
		RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR				
		DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					



### Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 03



Foto 6. 3 Ventana estructural N° 3. Fuente Propia.

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 03 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

Tabla 6. 7 RQD de la Ventana Estructural N° 3. Fuente Propia.

RQD=100e <sup>-(0.1λ)</sup> (0.1 λ +1)	
Espaciamiento Medio (X m)	0.4
λ	2.5
RQD (%)	97.35

### Clasificación RMR

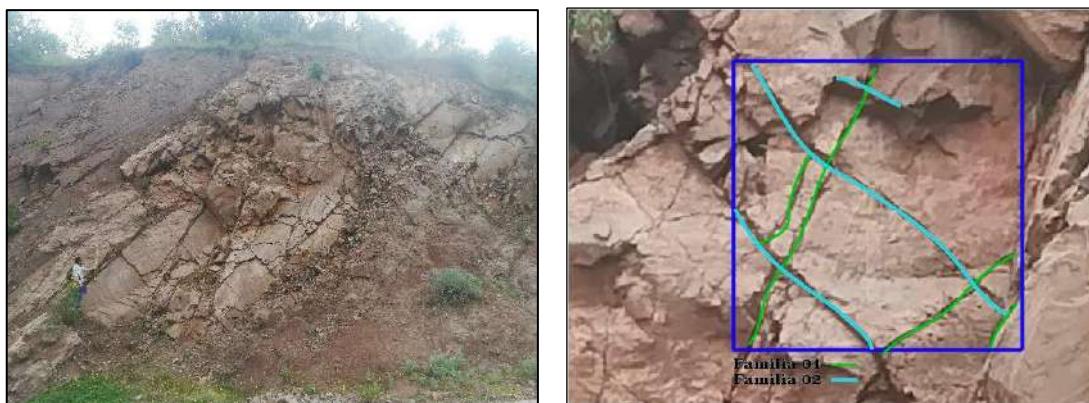
Tabla 6. 8 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 3. Modificado de CGI.

MAPEO GEOMECANICO RMR										
Ventana N°: 03	Progresiva: 12+840		Bz. Talud: NE 62°	Az. Talud: N 355°		Bz. Estrato: NE 88°	Az. Estrato: N 345°			
PARÁMETROS	VALOR	RANGO								VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	25-50	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)			4
RQD (%)	97.35	X 90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)			20
Espaciamiento de discontinuidades (m)		>2m (20)	0.6-2 m (15)	X 0.2-0.6m (10)		0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)			10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES										
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X 1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4
D1	NW 58°		255°	Abertura	Cerrada (6)	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
D2	NE 48°		325°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5
D3	SW 74°		105°	Relleno	Limpia (6)	X Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	2
				Alteración	Sana (6)	X Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
Agua subterránea					Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10
Orientación										-5
RMR <sub>89</sub> (Basico) =			61	RMR <sub>89</sub> (Corregido) =						56
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR				
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					





## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 04



**Foto 6. 4 Ventana estructural N° 4. Fuente Propia.**

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 04 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 9 RQD de la Ventana Estructural N° 4. Fuente Propia.**

RQD=100e <sup>^</sup> (-0.1λ) (0.1 λ +1)	
Espaciamiento Medio (X m)	0.5
λ	2
RQD (%)	98.25

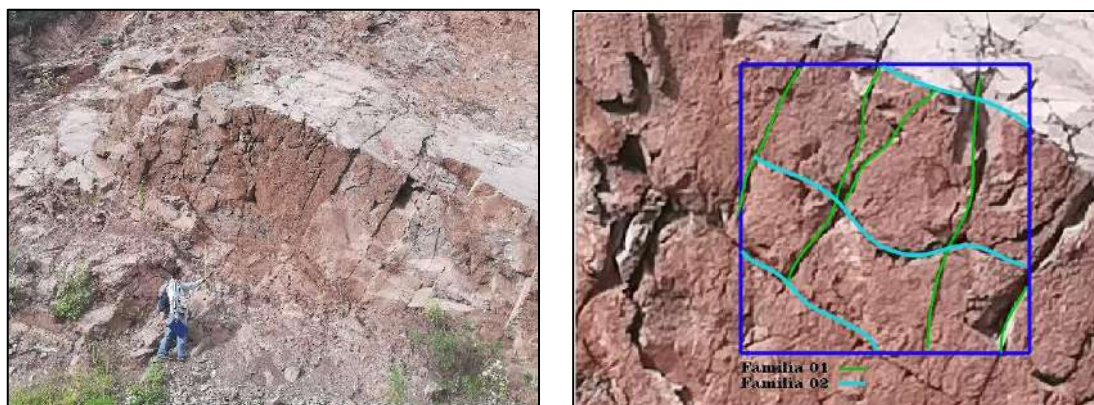
### Clasificación RMR

**Tabla 6. 10 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 4. Modificado de CGI.**

MAPEO GEOMECANICO RMR													
Ventana N°: 04		Progresiva: 13+010			Bz. Talud: NE 60°		Az. Talud: N 350°			Bz. Estrato: NE 88°		Az. Estrato: N 345°	
PARÁMETROS				VALOR	RANGO								VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4		
RQD (%)				98.25	X	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	20		
Espaciamiento de discontinuidades (m)					>2m (20)	0,6-2 m (15)	X	0.2-0.6m (10)	0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	10		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES													
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4		
D1	NW 64°		310°	Abertura	Cerrada (6)		<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1	
D2	NE 52°		295°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5		
D3	SW 84°		98°	Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	X	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	2	
				Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5		
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10		
Orientación												-5	
RMR <sub>89</sub> (Basico) =					61	RMR <sub>89</sub> ( Corregido) =					56		
	RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR					
	DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						



## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 05



**Foto 6. 5 Ventana estructural N° 5. Fuente Propia.**

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 05 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 11 RQD de la Ventana Estructural N° 5. Fuente Propia.**

$RQD=100e^{(-0.1\lambda)} (0.1 \lambda +1)$	
Espaciamiento Medio (X m)	0.3
$\lambda$	3.33
RQD (%)	95.54

### Clasificación RMR

**Tabla 6. 12 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 5. Modificado de CGI.**

MAPEO GEOMECANICO RMR													
Ventana N°: 05		Progresiva: 13+100			Bz. Talud: SW 55°		Az. Talud: N 150°			Bz. Estrato: SE 58°		Az. Estrato: N 10°	
PARÁMETROS				VALOR	RANGO								VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4		
RQD (%)				95.54	X 90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)	20		
Espaciamiento de discontinuidades (m)					>2m (20)	0,6-2 m (15)	X 0,2-0.6m (10)		0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	10		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES													
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	X	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6		
D1	SW 70°		125°	Abertura		Cerrada (6)	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1		
D2	SW 50°		95°	Rugosidad		Muy rugosa (6)	X Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5		
D3	SW 44°		155°	Relleno		Limpia (6)	Duro< 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1		
				Alteración	X	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	6		
Agua subterránea						Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10		
Orientación												-5	
RMR <sub>99</sub> (Basico) =					63	RMR <sub>99</sub> ( Corregido) =					58		
		RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR					
		DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						



## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 06

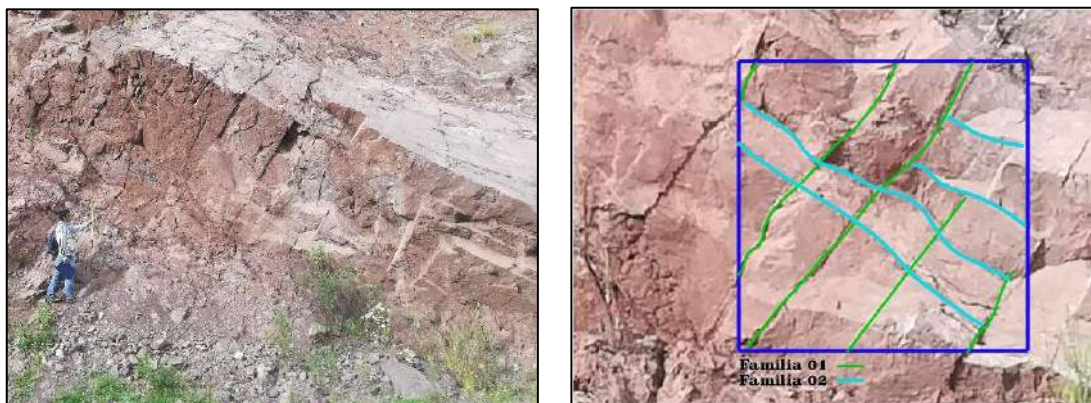


Foto 6. 6 Ventana estructural N° 6. Fuente Propia.

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 06 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

Tabla 6. 13 RQD de la Ventana Estructural N° 6. Fuente Propia.

RQD=100e <sup>^</sup> (-0.1λ) (0.1 λ +1)	
Espaciamiento Medio (X m)	0.2
λ	5
RQD (%)	90.98

### Clasificación RMR

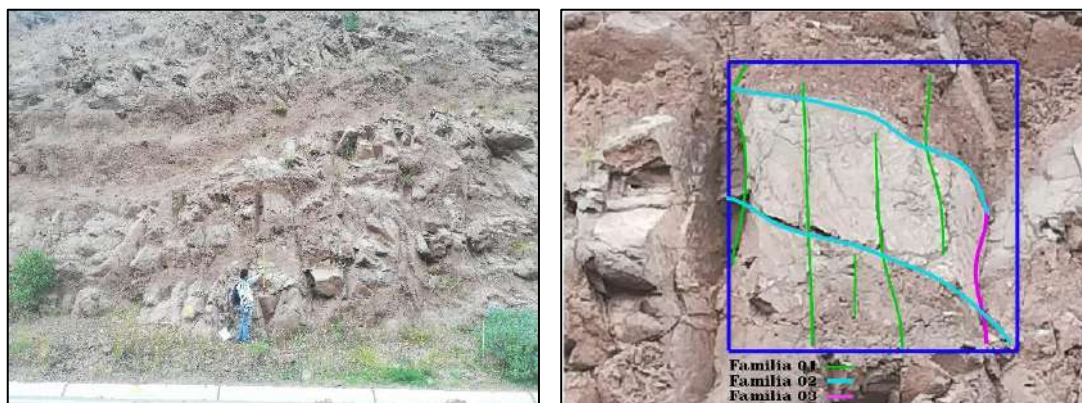
Tabla 6. 14 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 6. Modificado de CGI.

MAPEO GEOMECANICO RMR																	
Ventana N°: 06		Progresiva: 13+200			Bz. Talud: SW 65°		Az. Talud: N 148°		Bz. Estrato: SE 64°		Az. Estrato: N 355°						
PARÁMETROS				VALOR		RANGO								VALOR			
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50		>250 (15)		100-250 (12)		50-100 (7)		X 25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)		4	
RQD (%)				90.98		X 90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)		<25 (3)		20	
Espaciamiento de discontinuidades (m)						>2m (20)		0,6-2 m (15)		0,2-0.6m (10)		X 0,06-0.2m (8)		< 0.06m (5)		8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																	
Familia		Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	X	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6					
D1		SW 76°		115°	Abertura		Cerrada (6)	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1				
D2		SW 68°		110°	Rugosidad		Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5				
D3		SW 59°		135°	Relleno		Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1				
					Alteración	X	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)		Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	6				
Agua subterránea							Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10				
Orientación																	-5
RMR <sub>99</sub> (Basico) =							61		RMR <sub>99</sub> ( Corregido) =							56	
		RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		REGULAR			
		DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA					





## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 07



**Foto 6. 7 Ventana estructural N° 7. Fuente Propia.**

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 07 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 15 RQD de la Ventana Estructural N° 7. Fuente Propia.**

$RQD=100e^{(-0.1\lambda)} (0.1 \lambda +1)$	
Espaciamiento Medio (X m)	0.2
$\lambda$	5
RQD (%)	90.98

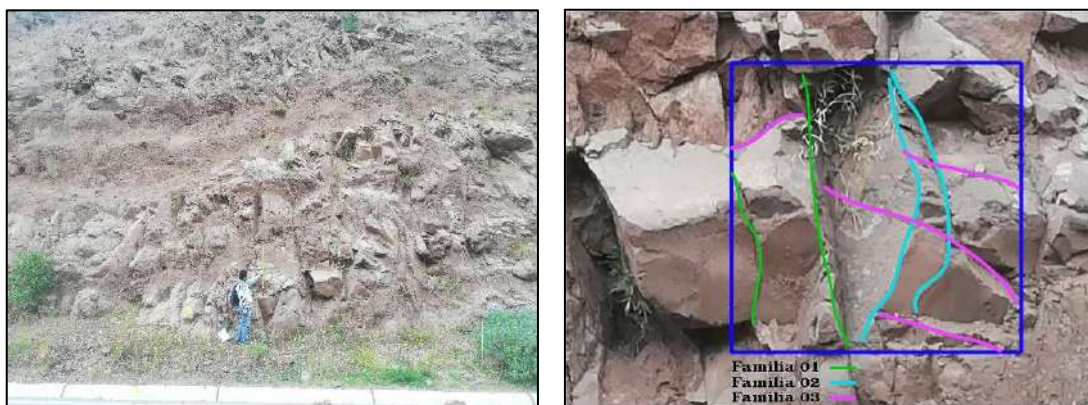
### Clasificación RMR

**Tabla 6. 16 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 7. Modificado de CGI.**

MAPEO GEOMECANICO RMR												
Ventana N°: 07		Progresiva: 13+350			Bz. Talud: SW 65°		Az. Talud: N 148°		Bz. Estrato: SE 64°		Az. Estrato: N 355°	
PARÁMETROS				VALOR	RANGO							VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4	
RQD (%)				90.98	X	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	20	
Espaciamiento de discontinuidades (m)					>2m (20)	0,6-2 m (15)	0.2-0.6m (10)	X	0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES												
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6	
D1	SE 57°		75°	Abertura	Cerrada (6)		<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
D2	SW 68°		250°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)		Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5
D3	SE 49°		155°	Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1
				Alteración	X	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)		Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	6
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10	
Orientación												-5
RMR <sub>89</sub> (Basico) =					61	RMR <sub>89</sub> ( Corregido) =					56	
		RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR				
		DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					



## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 08



**Foto 6. 8 Ventana estructural N° 8. Fuente Propia.**

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 08 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 17 RQD de la Ventana Estructural N° 8. Fuente Propia.**

$RQD=100e^{(-0.1\lambda)} (0.1 \lambda +1)$	
Espaciamiento Medio (X m)	0.3
$\lambda$	3.33
RQD (%)	95.54

### Clasificación RMR

**Tabla 6. 18 Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 8. Modificado de CGI.**

MAPEO GEOMECANICO RMR															
Ventana N°: 08		Progresiva: 13+500			Bz. Talud: SW 65°		Az. Talud: N 148°		Bz. Estrato: SE 64°		Az. Estrato: N 355°				
PARÁMETROS				VALOR		RANGO						VALOR			
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50		>250 (15)		100-250 (12)		50-100 (7) X		25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0)		4	
RQD (%)				95.54 X		90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8) <25 (3)		20	
Espaciamiento de discontinuidades (m)						>2m (20)		0,6-2 m (15) X		0.2-0.6m (10)		0.06-0.2m (8) < 0.06m (5)		10	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES															
Familia		Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6) X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6				
D1		NW75°		100°	Abertura	Cerrada (6)	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1				
D2		SE 78°		150°	Rugosidad	Muy rugosa (6) X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5				
D3		SE 49°		165°	Relleno	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2) X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1				
					Alteración	X Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	6				
Agua subterránea						Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10				
Orientación												-5			
RMR <sub>89</sub> (Basico) =						63		RMR <sub>89</sub> ( Corregido) =						58	
		RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		REGULAR	
		DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA			



## Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 09



**Foto 6. 9** Ventana estructural N° 9. Fuente Propia.

### Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 09 sería una roca “R3”, una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 25 y 50.

### Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades ( $\lambda$ ) obtenemos un valor de RQD igual a:

**Tabla 6. 19** RQD de la Ventana Estructural N° 9. Fuente Propia.

$RQD=100e^{(-0.1\lambda)} (0.1 \lambda +1)$	
Espaciamiento Medio (X m)	0.1
$\lambda$	10.00
RQD (%)	73.58

### Clasificación RMR

**Tabla 6. 20** Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N° 9. Modificado de CGI.

MAPEO GEOMECANICO RMR												
Ventana N°: 09		Progresiva: 13+870			Bz. Talud: SW 60°		Az. Talud: N 100°		Bz. Estrato: NE 88°		Az. Estrato: N 345°	
PARÁMETROS				VALOR	RANGO							VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)				25-50	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4	
RQD (%)				73.58	90-100 (20)	75-90 (17)	X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	13	
Espaciamiento de discontinuidades (m)					>2m (20)	0,6-2 m (15)	0.2-0.6m (10)	X	0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES												
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	6	
D1	SW54°		102°	Abertura	Cerrada (6)		<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
D2	NW 28°		180°	Rugosidad	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
D3	NE 70°		335°	Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1
				Alteración	X	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	6	
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10	
Orientación												-5
RMR <sub>89</sub> (Basico) =					52	RMR <sub>89</sub> ( Corregido) =					47	
		RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR			
		DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				



## **CAPITULO VII**

## **GEODINÁMICA**



## **7.1. Generalidades**

En nuestra zona de estudio, como se ha visto en el capítulo de geología estructural, se puede apreciar una gran cantidad de estructuras tectónicas, pliegues, fallas, etc. y esto es un reflejo de la gran actividad tectónica interna que ha sufrido, sufre y sufrirá esta zona. Como se sabe, la región Andina es una de las regiones más activas de la tierra, formando parte del cinturón de fuego del Pacífico, todo esto debido a la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental Sudamericana con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al., 1980; Norabuena et al., 1999). Esta actividad interna influye directamente sobre la actividad externa, siendo una de las causas de los movimientos geodinámicos externos (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, etc.).

## **7.2. Geodinámica Interna (sismicidad)**

La sismicidad en el Perú, es ocasionada debido al proceso de subducción de la placa tectónica de Nazca bajo la placa tectónica Sudamericana y al reacomodo de las estructuras geológicas, que se produce en el interior del continente debido a dicha subducción (Burchfiel, 1996).

### **7.2.1. Características Sismotectónicas del Perú**

Los principales elementos estructurales que intervienen en los procesos de deformación regional y local son:

#### **Proceso de Subducción**

Este proceso de subducción se da en el borde occidental del Perú, es causado por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca (Oceánica) y la Sudamericana (Continental). Según los estudios de Tavera y Buforn (2001), se pueden distinguir dos modos de subducción, una subhorizontal en las regiones norte y centro, y otra normal en la región sur. DeMets et al. (1994) indica que esta subducción se desarrolla con velocidades del orden de 7 a 9 cm/año (Tavera et al., 2014).

#### **Zona Sismogénica**

La zona sismogénica se encuentra ubicada en la superficie de fricción, que se genera en entres las placas tectónicas, la de Nazca y la Sudamericana. Esta superficie es la causante de los sismos de interplaca (Tavera et al., 2014).

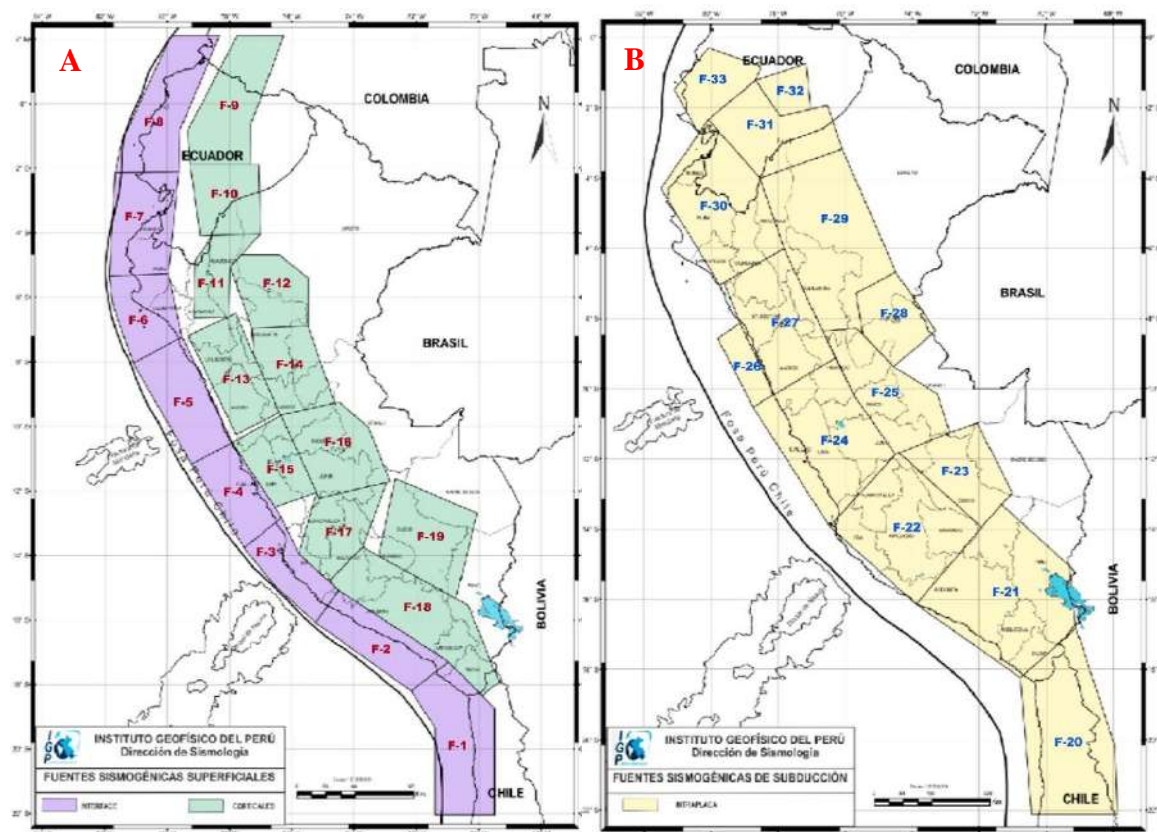
#### **Fallas Tectónicas**

Son una consecuencia de la subducción de las placas tectónicas y del reacomodo que ocurre en el interior del país, esto se puede evidenciar en los sistemas de fallas y pliegues que se encuentran en el Altiplano, en la zona subandina, al pie de los nevados y cordilleras etc. son la causa de los sismos superficiales al interior del País (Tavera et al., 2014).

### **7.2.2. Fuentes Sismogénicas**

Las fuentes sismogénicas son zonas que presentan las mismas características geológicas, geofísicas y sísmicas, de tal manera que se puede suponer que poseen un potencial sísmico homogénea, pueden ser líneas, áreas o volúmenes. Tavera et al. (2014) propone la existencia de 33 fuentes sismogénicas distribuidas en 3 grupos, las asociadas al proceso de subducción (interface), las asociadas a los sistemas de fallas (deformaciones corticales) y las asociadas a la geometría de la placa de Nazca, por debajo del continente (intraplaca).





**Ilustración 7.1** Fuentes sismogénicas Interface y Corticales (A), Intraplacas (B). Tomado de Tavera et al. (2014).

En la región del Cusco, según la Ilustración 8.1, se distinguen las siguientes fuentes sismogénicas: F-19, F-21 y F-23.

**Tabla 7.1** Coordenadas geográficas y UTM de las fuentes corticales (F-19) y Subducción - Intraplaca (F-21 y F-23) del departamento del Cusco. Tomado de Tavera et al. (2014).

FUENTES	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM			Profundidad (Km)
	Longitud	Latitud	X	Y	Zona	
F-19	-70.575	-15.422	330994.0	8294380.2	19	30
	-69.801	-12.399	412931.6	8629194.4	19	30
	-72.582	-11.26	763990.3	8754183.8	18	30
	-73.194	-14.027	695037.2	8448542.4	18	30
	-71.877	-13.784	188905.9	8474299.9	19	6
F-21	-70.771	-18.23	312737.7	7983462.3	19	85
	-69.114	-16.825	487854.3	8139800.7	19	200
	-69.31	-15.051	466680.5	8336009.8	19	200
	-71.342	-13.296	246271.1	8528937.3	19	200
	-71.926	-13.951	183829.9	8455745.2	19	200
	-73.879	-16.142	619859.0	8215031.3	18	85
F-23	-71.926	-13.951	183829.9	8455745.2	19	120
	-71.342	-13.296	246271.1	8528937.3	19	150
	-71.009	-12.98	282083.4	8564217.6	19	150
	-72.064	-10.979	820893.8	8784775.7	18	150
	-72.876	-11.261	731876.8	8754321.8	18	150
	-74.423	-11.798	562861.1	8696713.5	18	120

### 7.2.3. Distribución espacial de la Sismicidad

El IGP hace una distribución espacial de la sismicidad en el Perú basada en la profundidad de los focos.

### Sismos con foco Superficial

La profundidad del foco no excede los 60 km ( $h \leq 60$  km), estos sismos están asociados a los procesos de subducción y se distribuyen a lo largo de la fosa peruana-chilena y sobre toda la costa, desde el departamento de Tumbes al departamento de Tacna. En el interior también se registraron sismos con foco superficial debido a la deformación cortical (Tavera et al., 2014).

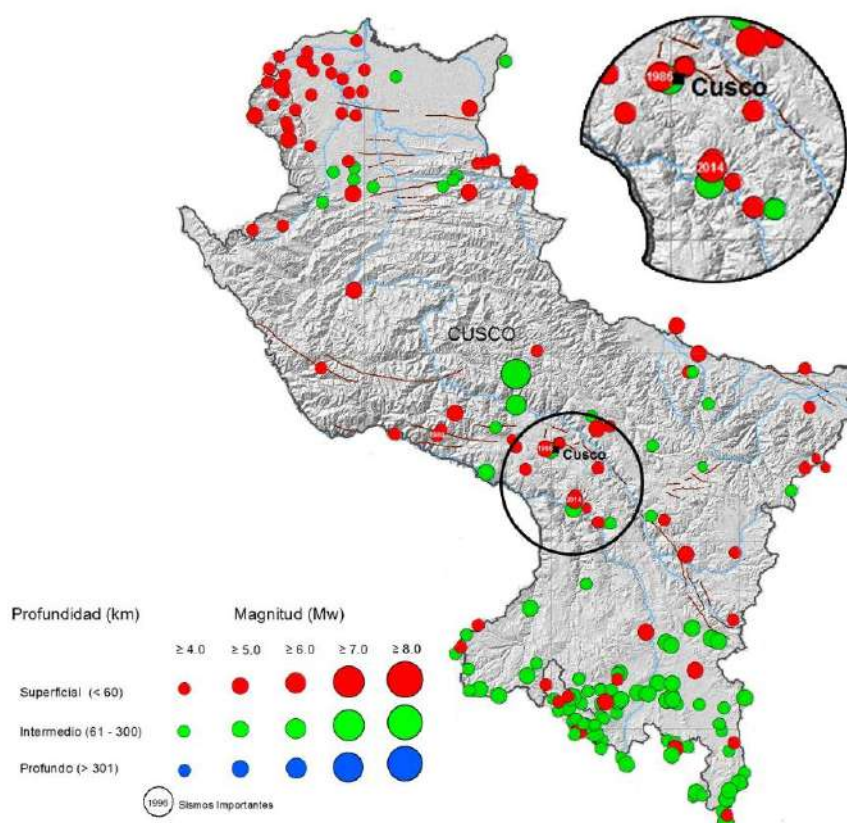
### Sismos con foco Intermedio o Intraplaca

Estos sismos tienen una profundidad de 60 km a 300 km ( $60 < h < 300$  km) y se encuentran distribuidos en la parte continental (Tavera et al., 2014).

### Sismos con foco Profundo

Sismos con profundidades superiores a los 300 km ( $h \geq 300$  km), estos sismos se han registrado en el departamento de Puno, en la frontera con Brasil (Tavera et al., 2014).

Como se puede apreciar en la Ilustración 8.2, en la región del cusco se han registrado sismos superficiales (círculos rojos) y sismos intermedios (círculos verdes).



**Ilustración 7. 2** Mapa Sísmico del Cusco (IGP), periodo 1960-2017. Editado de Tavera H., 2017.

#### 7.2.4. Antecedentes sísmicos en la región del Cusco

En la región del Cusco han sucedido varios eventos sísmicos debido a procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales, que han producido daños considerables, el último evento importante ocurrió el 5 de abril de 1986 con una magnitud de 5.7 Mw y origen en la falla de Qoricocha ubicado a aproximadamente 20 km de la ciudad del Cusco en donde se evaluaron intensidades de VII (MM). El sismo produjo importantes daños en estructuras de adobe con la muerte de 7 personas y el colapso de 30 viviendas; además de importantes procesos de deslizamientos y hundimientos en suelos poco compactados (IGP, 2014).



**Tabla 7. 2** *Antecedentes sísmicos de la región del Cusco, Tomado del IGP*

Fecha	Mag	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas
12 de mayo, 1650	7,5	Terremoto del Cuzco de 1650 (aun no redactado)	Cerca del Cuzco, actual Departamento de Cuzco.	Sur y centro del Perú
17 de septiembre de 1707	7,0	Capi de 1707	Departamento del cusco	Actual Dpto. de Cuzco.
19 de noviembre, 1744	6,0	Cuzco de 1744	Cuzco	Departamento del Cuzco
11 de febrero, 1746	7,0	Urcos de 1746	Cuzco	Cuzco
8 de octubre, 1831	7,0	Sur del Perú de 1831	Cuzco	Extremo sur del Perú y actual norte de Chile.
18 de septiembre, 1833	7,0	Sur del Perú de 1833	Cuzco	Sur del Perú y actual norte de Chile.
3 de diciembre, 1869	6,0	Abancay de 1869	Apurímac	Dpto. de Apurímac.
18 de junio, 1931	7,0	Tinta de 1931	Tinta, provincia de Canchis, departamento del Cuzco	Afectados los pueblos de Tinta, Checacupe, Sicuani y Yanaoca.
5 de marzo, 1938	6,0	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía.
23 de junio, 1939	6,0	Acomayo y Canas de 1939	Distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, D. del Cuzco	Provincias de Acomayo y Canas
18 de septiembre, 1941	7,0	Cuzco de 1941	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dptos. de Cuzco y Apurímac.
30 de enero, 1943	7,0	Yanaoca y Pampamarca de 1943	Distrito de Yanaoca, provincia de Canchis, departamento de Cuzco.	Pueblos de Yanaoca y Pampamarca.
21 de mayo, 1950	7,0	Cuzco de 1950	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco.	Dpto. del Cuzco.
8 de noviembre, 1961	6,0	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	
8 de mayo, 1965	6,0	Urcos de 1965	Distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, D. de Cuzco	Pueblo de Urcos.
14 de octubre, 1971	6,6	Aymaraes de 1971	Provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac.	Prov. de Aymaraes.
6 de abril, 1986	6,0	Cuzco de 1986	Límites de los dptos. de Cuzco y Madre de Dios	Región Central-Sur.
21 de abril del 2012	5.2.	Cusco	A 53 Km norte de Chumbivilcas	Chumbivilcas - Cusco
21 de mayo del 2012	3.8	Cusco	A 14 km norte de Paruro	Paruro - Cusco
27 de septiembre del 2014	5.1	Cusco	A 4 km al oeste de Paruro	Paruro - Cusco

#### **7.2.5. Sismo del 27 de Setiembre de 2014 – Paruro, Cusco**

El 27 de setiembre de 2014, ocurrió un sismo a las 21:35 (hora local), su epicentro se localizó a 7 km al suroeste de Paruro con una profundidad de 6 km y una magnitud de 5.1 ML en la escala de Richter (IGP, Informe Técnico N° 03-2014).

El movimiento causó daños de consideración en las localidades de Misca, Mollejato, Cusibamba bajo y Moyoc. El sismo se sintió en la ciudad del Cusco (Mapa: M-24).

#### **Parámetros Hipocentrales**

Los parámetros hipocentrales del sismo de Paruro fueron obtenidos através de la Red Sísmica Nacional administrados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP, Informe Técnico N° 03-2014)

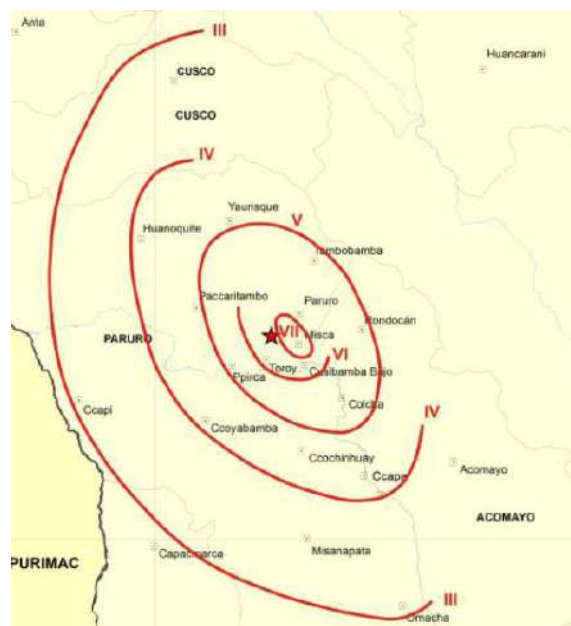
- Día : 27 de setiembre
- Tiempo Origen : 21h 35m 28.0seg. (Hora Local).

- Latitud Sur :  $-13.81^{\circ}$
- Latitud Oeste :  $-71.89^{\circ}$
- Profundidad : 6 km
- Magnitud : 5.1 ML (Richter).
- Intensidad :
  - VII (MM) Misca.
  - VI (MM) Cusibamba, Toroy, Moyoc.
  - V (MM) Colcha, Rondocán.
  - IV-III (MM) Yaurisque, Huanoquite.
  - III (MM) Cusco, Omacha.
  - III-II (MM) Ccapi.
  - II (MM) Urubamba, calca, Anta, Yanaoca, Huancarani.

Según el Informe Técnico A6671 del INGEMMET, el sismo fue producto de una reactivación de un segmento de la falla Paruro, denominado Misca-Cusibamba, la falla Paruro a su vez forma parte del sistema de fallas Chinchajio-Paruro-Acomayo.

### Efectos Cosísmicos

Los sismos producen efectos sobre la superficie que pueden ser observados a simple vista, a estos efectos se les conoce como “efectos cosísmicos”. En las zonas afectadas se pudieron observar estos efectos cosísmicos como grietas en la superficie terrestre, activación de deslizamientos, fenómenos de licuefacción etc. (INGEMMET, Informe Técnico A6671, 2014)



**Ilustración 7. 3** Mapa de intensidades sísmicas correspondientes al sismo de Paruro, 5.1 ML (Fuente: IGP, 2014).

### 7.2.6. Riesgo Sísmico

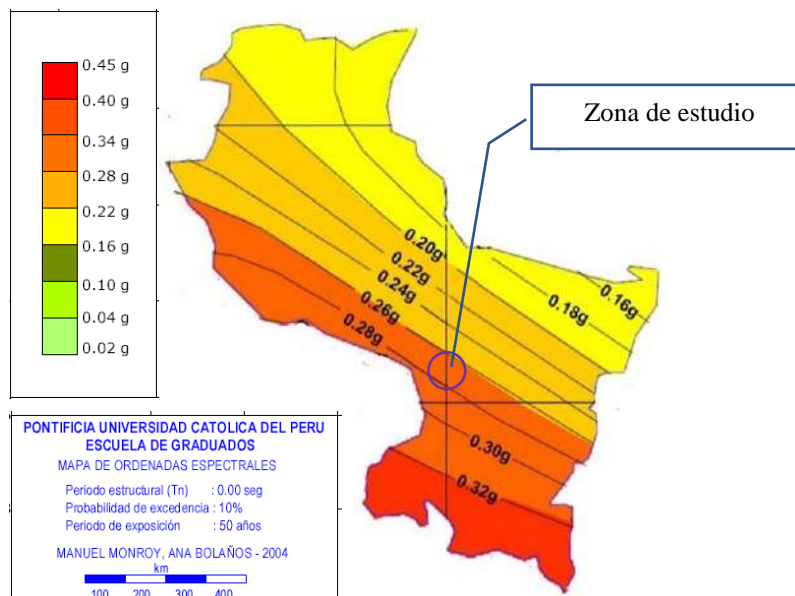
#### Método Probabilístico

Tavera et al. (2014) citando a Esteva (1968), Cornell (1968) y Cornell & Van Marcke (1969) indica, refiriéndose al método probabilístico, que “el peligro sísmico corresponde a la probabilidad de que ocurra un sismo de determinada magnitud que genere, en un punto específico, una aceleración igual o mayor a un



valor dado para un periodo de tiempo determinado” (p.28), este método utiliza el modelo probabilístico de Poisson.

Bolaños y Monroy (2004) utilizando este método generan el mapa de aceleraciones máximas normalizadas, según el cual, la zona de estudio presenta una aceleración de 0.28 g, para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia.



**Ilustración 7. 4** Distribución de aceleraciones en el Departamento del Cusco para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia, (Extraído de Monroy y Bolaños, 2004).

### Cálculo de la Aceleración de la Onda Sísmica según el método determinístico

El método determinístico supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, de tal manera que el máximo sismo ocurrido, será el máximo previsible. El método utiliza la fórmula de Steinmom (1982), que relaciona la longitud de la falla (la fuente sismogénica) con la distancia de la falla a la zona de estudio.

$$A = \frac{224 \times e^{0.823(MS)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

Donde:

- A = Aceleración (1 gal = 1cm/seg<sup>2</sup>)
- Ms = 0.89+1.341Log L
- C(M) = 0.864e<sup>0.46Ms</sup>
- R = Distancia de la carretera a la falla (km)
- L = Longitud de la falla (Km)

Para nuestra zona de estudio, la falla sismogénica es la falla de Paruro, causante del sismo del 27 de Setiembre de 2014, cuya longitud es de 5.87 km. Para la interpretación de los resultados se utilizó la tabla 7.5.

### Procedimiento para el punto de Inicio

- Ms = 0.89+1.341Log 5.87 = 1.92
- C(M) = 0.864e<sup>0.46\*1.92</sup> = 2.09
- A =  $\frac{224 \times e^{0.823(1.92)}}{(5.38+2.09)^{1.56}}$  = 47.24 gal



Siguiendo el mismo procedimiento se colculó para los demás puntos.

**Tabla 7. 3** Cálculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en diferentes puntos de la carretera Ranraccasa- Paruro, con referencia a la falla Paruro. Fuente Propia.

PUNTOS DEL TRAMO DE CARRETERA RANRACCASA- PARURO		LONGITUD DE LA FALLA (L) (Km)	DISTANCIA A LA FALLA (R) (Km)	MS	C(M)	ACELERACIÓN (A) (gal ó cm/seg2)	INTENSIDAD SISMICA EN LA ESCALA DE MERCALLI
Punto de Inicio		5.87	5.38	1.92	2.09	47.24	VII Muy Fuerte
8+900 Km	N. 8484968						
	E. 185894						
Punto Intermedio 01		5.87	3.51	1.92	2.09	74.05	VIII Destructivo
14+900 Km	N. 8481532						
	E. 187922						
Punto Intermedio 02		5.87	3.6	1.92	2.09	72.23	VIII Destructivo
20+900 Km	N. 8479961						
	E. 190397						
Punto Final		5.87	1.72	1.92	2.09	135.04	IX Ruinoso
25+900 Km	N. 8477369						
	E. 191326						

**Tabla 7. 4** Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982), (Fuente: Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Anta-Izcuchaca).

Grado	Descripción
<b>I. Muy débil</b>	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
<b>II. Débil</b>	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
<b>III. Leve</b>	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
<b>IV. Moderado</b>	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
<b>V. Poco Fuerte</b>	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
<b>VI. Fuerte</b>	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañadas. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
<b>VII. Muy fuerte</b>	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
<b>VIII. Destructivo</b>	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
<b>IX. Ruinoso</b>	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
<b>X. Desastroso</b>	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
<b>XI. Muy desastroso</b>	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
<b>XII. Catastrófico</b>	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

El análisis determinístico tiene la ventaja de ser simple y claro, pero no considera el tiempo de vida útil de las estructuras. Es por tal motivo que, para este trabajo de investigación, vamos a trabajar con el valor obtenido en el análisis probabilístico, cuyo valor es de 0.28g.

### 7.3. Geodinámica Externa

Los movimientos de laderas, comúnmente conocidos como deslizamientos, son procesos geológicos altamente destructivos. A lo largo de la historia de la humanidad han provocado pérdidas cuantiosas, muertes de personas, animales, pérdidas económicas, etc. En el Perú aún se tiene en la memoria algunos eventos catastróficos, el más reciente en el departamento del Cusco, provincia de Chumbivilcas, distrito de Llusco ocurrido el 01 de marzo de 2018, a las 03:00 horas aproximadamente, ocasionando el colapso de viviendas, obras de infraestructura, canales de riego, sistema de agua potable, sistema de energía eléctrica, centro de salud y áreas de cultivo, en la comunidad de Lutto Kututo, Distrito de Llusco. Muestra zona de estudio también ha sido víctima de los movimientos de ladera, uno de los recientes es el deslizamiento en el Sector de Sicllapata ocurrido el 2017.



**Ilustración 7. 5** Deslizamiento ocurrido en el Sector de Sicllapata ya estabilizado con banquetas. (Fuente: Google Earth, 2018).

Existe una amplia bibliografía sobre el tema de movimientos de ladera, en este trabajo de investigación hemos decidido tomar en cuenta los libros de Suárez, J., titulada “Deslizamientos, Volumen I: Análisis Geotécnico”, el libro de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. & Oteo, C., titulada “Ingeniería Geológica” y el libro del proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, titulado “Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas”.

#### 7.3.1. Inventario de Movimientos de Ladera

En base a las tres fuentes bibliográficas mencionadas arriba se realizó un inventario de fenómenos geodinámicos externos que se presentan en el tramo de carretera (Mapas: M-22 y M-23).



**Tabla 7. 5** *Inventario de Movimientos de Ladera. Fuente Propia.*

Km-Inicio	Km-Final	Código	Tipo de Movimiento	Ancho Aprox	Altura Aprox	Velocidad Aproximada	Presencia de Agua	Cobertura Vegetal	Actividad	Litología	Observaciones
09+230	09+300	GEx-001	Desprendimiento	54	15	Extremadamente Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
09+400	09+670	GEx-002	Flujos de Barro (Mud flow)	208	10	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
09+670	09+870	GEx-003	Desprendimiento	154	15	Extremadamente Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
10+060	10+070	GEx-004	Flujos de Barro (Mud flow)	8	10	Moderada	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
10+080	10+090	GEx-005	Flujos de Barro (Mud flow)	8	10	Moderada	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
10+170	10+180	GEx-006	Flujos de Barro (Mud flow)	8	10	Moderada	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
10+340	10+390	GEx-007	Complejo	38	20	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional y Derrumbe
10+390	10+580	GEx-008	Flujos de Barro (Mud flow)	146	20	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
10+580	10+630	GEx-009	Desprendimiento	38	30	Extremadamente Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
10+790	11+150	GEx-010	Complejo	360	50	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Traslacional y Derrumbe
11+490	11+540	GEx-011	Flujos de Barro (Mud flow)	38	15	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
11+580	11+590	GEx-012	Flujos de Barro (Mud flow)	8	15	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
11+670	11+750	GEx-013	Complejo	62	30	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Desprendimiento-Derrumbe
11+870	12+090	GEx-014	F. de Detritos (Debris flow)	220	70	Muy Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
12+090	12+120	GEx-015	Deslizamiento Rotacional	8	30	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
12+150	12+210	GEx-016	Deslizamiento Rotacional	46	20	Lenta	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
12+350	12+460	GEx-017	Deslizamiento Rotacional	85	15	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
12+470	12+550	GEx-018	Desprendimiento	62	15	Extremadamente Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
12+550	12+580	GEx-019	F. de Detritos (Debris flow)	23	30	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
12+580	12+650	GEx-020	Complejo	54	30	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional y Derrumbe
12+690	12+760	GEx-021	F. de Detritos (Debris flow)	46	25	Moderada	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Erosión fluvial
12+760	12+780	GEx-022	Deslizamiento Rotacional	15	20	Lenta	Húmedo	Vegetación Abundante	Latente	Suelo	
12+780	12+900	GEx-023	Complejo	92	30	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional (pandeo y flexión) y Derrumbe
13+010	13+030	GEx-024	Flujos de Barro (Mud flow)	15	10	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Suelo	
13+050	13+110	GEx-025	Deslizamiento Traslacional	46	30	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
13+140	13+160	GEx-026	Deslizamiento Rotacional	15	15	Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Roca	
13+200	13+220	GEx-027	Deslizamiento Traslacional	15	30	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Formación de Cuñas
13+230	13+250	GEx-028	Deslizamiento Traslacional	15	30	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Formación de Cuñas
13+610	13+650	GEx-029	F. de Detritos (Debris flow)	31	80	Muy Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	





14+370	14+670	GEx-030	Complejo	192	100	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Roca	Traslacional y Desprendimiento
14+400 AB	14+580 AB	GEx-031	F. de Detritos (Debris flow)	138	100	Moderada	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Detrito	
14+860	15+200	GEx-032	Complejo	240	100	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Roca	Traslacional y Derrumbe
14+880 AB	15+010 AB	GEx-033	F. de Detritos (Debris flow)	-669	10	Moderada	Seco	Vegetación Abundante	Activo Suspendido	Detrito	
15+050 AB	15+090 AB	GEx-034	F. de Detritos (Debris flow)	31	100	Moderada	Mojado	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
15+290	15+360	GEx-035	Desprendimiento	54	15	Extremadamente Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
15+360	15+390	GEx-036	F. de Detritos (Debris flow)	23	80	Moderada	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
15+400	15+460	GEx-037	F. de Detritos (Debris flow)	54	20	Moderada	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
15+490	15+550	GEx-038	F. de Detritos (Debris flow)	46	15	Moderada	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
15+660	15+740	GEx-039	F. de Detritos (Debris flow)	62	15	Moderada	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
15+870	15+920	GEx-040	F. de Detritos (Debris flow)	31	20	Moderada	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
15+980	16+000	GEx-041	F. de Detritos (Debris flow)	20	15	Muy Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Detrito	
16+320	16+350	GEx-042	Deslizamiento Traslacional	23	15	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional y Derrumbe
16+380	16+560	GEx-043	Deslizamiento Traslacional	138	20	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Derrumbe
16+670	16+710	GEx-044	Deslizamiento Traslacional	23	100	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Derrumbe
16+790	16+900	GEx-045	Complejo	77	30	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Traslacional-Derrumbe
16+910	17+030	GEx-046	F. de Detritos (Debris flow)	-677	20	Muy Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
17+040	17+130	GEx-047	Complejo	69	20	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Traslacional-Flujos de Arena y Limo
17+160	17+190	GEx-048	Complejo	23	100	Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Derrumbe-Flujo
17+250	17+300	GEx-049	Complejo	38	100	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Vuelco-Desprendimiento
17+370	17+510	GEx-050	Complejo	92	100	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Vuelco-Desprendimiento-Derrumbe
17+590	17+610	GEx-051	Deslizamiento Rotacional	15	20	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
17+620	17+650	GEx-052	Deslizamiento Rotacional	23	80	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
17+730	17+830	GEx-053	Desprendimiento	54	60	Extremadamente Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
18+220	18+250	GEx-054	Deslizamiento Rotacional	23	20	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Suelo	
18+250	18+300	GEx-055	Complejo	38	50	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Derrumbe
18+430	18+550	GEx-056	Flujos de Detritos (Debris flow)	31	30	Moderada	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
18+660	18+700	GEx-057	Desprendimiento	15	20	Muy Rápida	Mojado	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
19+000	19+160	GEx-058	Deslizamiento Rotacional	123	50	Lenta	Húmedo	Vegetación Abundante	Activo Suspendido	Roca	
19+460	19+500	GEx-059	Desprendimiento	31	50	Extremadamente Rápida	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Roca	




19+570	19+630	GEx-060	Deslizamiento Rotacional	46	50	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
19+730	19+770	GEx-061	Deslizamiento Rotacional	31	50	Lenta	Mojado	Vegetación Abundante	Reactivado	Roca	
19+820	19+910	GEx-062	Complejo	31	100	Rápida	Mojado	Vegetación Abundante	Reactivado	Roca y Detrito	Traslacional-Derrumbe-Flujo de Arena y Limo
19+960	20+000	GEx-063	Complejo	40	150	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Derrumbe
20+460	20+600	GEx-064	Complejo	54	150	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Rotacional-Derrumbe
20+680	20+800	GEx-065	Deslizamiento Rotacional	77	50	Lenta	Húmedo	Vegetación Abundante	Reactivado	Detrito	
20+810	20+830	GEx-066	Complejo	15	30	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Derrumbe
21+220	21+260	GEx-067	Deslizamiento Rotacional	31	30	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
21+480	21+530	GEx-068	Deslizamiento Rotacional	38	10	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
21+710	21+810	GEx-069	Deslizamiento Rotacional	77	50	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Suelo	
21+830	21+930	GEx-070	Deslizamiento Rotacional	0	60	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Suelo y Detrito	
21+880	21+920	GEx-071	Deslizamiento Rotacional	31	20	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Reactivado	Suelo y Detrito	
21+940	22+080	GEx-072	Deslizamiento Rotacional	140	50	Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	
22+090	22+100	GEx-073	Deslizamiento Rotacional	8	10	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
22+110	22+320	GEx-074	F. de Detritos (Debris flow)	138	50	Muy Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
22+330	22+380	GEx-075	Deslizamiento Rotacional	54	50	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	
22+380	22+450	GEx-076	Deslizamiento Rotacional	54	40	Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	
22+460	22+640	GEx-077	Deslizamiento Rotacional	138	60	Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	
22+610	22+640	GEx-078	Deslizamiento Rotacional	23	40	Lenta	Mojado	Vegetación Escasa	Reactivado	Detrito	
22+640	22+880	GEx-079	Deslizamiento Rotacional	185	80	Lenta	Húmedo	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	
22+900	23+100	GEx-080	Complejo	240	100	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Roca	Desprendimiento-Derrumbe
23+140 AB	23+200 AB	GEx-081	Deslizamiento Rotacional	46	80	Lenta	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Detrito	
23+300	23+500	GEx-082	Complejo	177	100	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Roca	Desprendimiento-Derrumbe
23+470	23+640	GEx-083	Deslizamiento Rotacional	31	30	Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	
23+500 AB	23+540AB	GEx-084	Deslizamiento Rotacional	31	15	Lenta	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Detrito	
23+630	23+700	GEx-085	Complejo	54	50	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	Traslacional-Derrumbe
23+700	23+740	GEx-086	Deslizamiento Rotacional	31	60	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
23+780	23+810	GEx-087	Complejo	23	20	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Desprendimiento-Derrumbe
23+810	23+870	GEx-088	Deslizamiento Traslacional	46	25	Rápida	Seco	Vegetación Abundante	Inactivo	Roca y Detrito	
23+870	23+900	GEx-089	Complejo	23	30	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Reactivado	Detrito	Traslacional-Derrumbe
24+050	24+060	GEx-090	Deslizamiento Traslacional	8	20	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Detrito	




24+120	24+240	GEx-091	Complejo	92	70	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Derrumbe
24+280	24+310	GEx-092	Deslizamiento Traslacional	23	15	Rápida	Húmedo	Vegetación Escasa	Reactivado	Roca	
24+280	24+360	GEx-093	Deslizamiento Rotacional	62	100	Lenta	Húmedo	Sin Vegetación	Inactivo	Roca	
24+320	24+340	GEx-094	Deslizamiento Rotacional	15	10	Lenta	Húmedo	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	
24+610	25+160	GEx-095	Deslizamiento Traslacional	670	50	Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Inactivo	Roca y Detrito	
24+570	24+580	GEx-096	Deslizamiento Rotacional	262	10	Lenta	Seco	Vegetación Abundante	Reactivado	Suelo	
24+580	24+620	GEx-097	Complejo	23	20	Rápida	Seco	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Desprendimiento-Derrumbe
24+620	24+650	GEx-098	Deslizamiento Traslacional	23	100	Rápida	Seco	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Roca	
24+680	24+710	GEx-099	Complejo	15	50	Rápida	Seco	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Roca	Traslacional-Rotacional
24+730	24+810	GEx-100	Deslizamiento Rotacional	69	80	Lenta	Húmedo	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Detrito	
24+850	24+920	GEx-101	F. de Detritos (Debris flow)	46	80	Muy Rápida	Húmedo	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Detrito	
24+990	25+090	GEx-102	Deslizamiento Rotacional	100	100	Lenta	Húmedo	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Detrito	
25+000	25+140	GEx-103	Deslizamiento Traslacional	108	200	Rápida	Húmedo	Sin Vegetación	Inactivo	Detrito	
25+140	25+170	GEx-104	Complejo	23	100	Rápida	Húmedo	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Roca y Detrito	Traslacional-Derrumbe
25+440	25+610	GEx-105	Deslizamiento Rotacional	131	100	Lenta	Húmedo	Vegetación Abundante	Activo en Movimiento	Detrito	
25+610	25+760	GEx-106	Deslizamiento Rotacional	115	200	Lenta	Húmedo	Vegetación Abundante	Inactivo	Detrito	
25+750	25+790	GEx-107	Deslizamiento Traslacional	31	100	Rápida	Seco	Sin Vegetación	Activo Suspendido	Roca	
25+630 AB	25+670 AB	GEx-108	Extensión Lateral	35	50	Muy Lenta	Seco	Vegetación Escasa	Activo en Movimiento	Roca	
25+250 AB	25+340 AB	GEx-109	Desprendimiento	10	40	Extremadamente Rápida	Seco	Vegetación Escasa	Activo Suspendido	Detrito	

## Desprendimientos


**Tabla 7. 6 Desprendimiento GEx-001. Fuente Propia.**

GEx-001	Tipo de Movimiento:	
	Desprendimiento	
	<b>Km Inicio:</b>	09+230
	<b>Km Final:</b>	09+300
	<b>UTM</b>	N 8484801.8
	<b>Epicentro</b>	E 186108.4
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Roca
	<b>Altura Max:</b>	15 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	54 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Mojado
	<b>Velocidad:</b>	Extr. Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)		
<b>Observaciones</b>		

**Tabla 7. 7 Desprendimiento GEx-009. Fuente Propia.**


GEx-009	Tipo de Movimiento:	
	Desprendimiento	
	<b>Km Inicio:</b>	10+580
	<b>Km Final:</b>	10+630
	<b>Coordenadas</b>	N 8483687
	<b>UTM</b>	E 186593
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Roca
	<b>Altura:</b>	20 m
	<b>Ancho:</b>	38 m
	<b>Velocidad:</b>	Extr. Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)		
<b>Observaciones</b>		

**Tabla 7. 8 Desprendimiento GEx-018. Fuente Propia.**


GEx-018	Tipo de Movimiento:	
	Desprendimiento	
	<b>Km Inicio:</b>	12+470
	<b>Km Final:</b>	12+550
	<b>Coordenadas</b>	N 8482787
	<b>UTM</b>	E 187135
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Roca
	<b>Altura:</b>	15 m
	<b>Ancho:</b>	62 m
	<b>Velocidad:</b>	Extr. Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)		
<b>Observaciones</b>		




**Tabla 7. 9 Desprendimiento GEx-035. Fuente Propia.**

GEx-035	Tipo de Movimiento:
	Desprendimiento
	<b>Km Inicio:</b> 15+290
	<b>Km Final:</b> 15+360
	<b>Coordenadas</b>
	<b>UTM</b> E 188077
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura:</b> 15 m
	<b>Ancho:</b> 54 m
	<b>Velocidad:</b> Extr. Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 10 Desprendimiento GEx-053. Fuente Propia.**


GEx-053	Tipo de Movimiento:
	Desprendimiento
	<b>Km Inicio:</b> 17+730
	<b>Km Final:</b> 17+830
	<b>Coordenadas</b>
	<b>UTM</b> E 188832
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura:</b> 20 m
	<b>Ancho:</b> 54 m
	<b>Velocidad:</b> Extr. Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 11 Desprendimiento GEx-057. Fuente Propia.**


GEx-057	Tipo de Movimiento:
	Desprendimiento
	<b>Km Inicio:</b> 18+660
	<b>Km Final:</b> 18+700
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> E 189423
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 15 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Muy Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: > 75 % Bz. Estratos: contra la pendiente Litología: Roca (Intercalación de Areniscas y lutitas)	
<b>Observaciones</b>	

## Flujos de Detritos (Debris flow)


**Tabla 7. 12** *Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-019. Fuente Propia.*

GEx-019	Tipo de Movimiento:
	Flujos de Detritos (Debris flow)
	<b>Km Inicio:</b> 12+550
	<b>Km Final:</b> 12+580
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8482830 E 187159
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Suelo
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 13** *Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-029. Fuente Propia.*


GEx-029	Tipo de Movimiento:
	Flujos de Detritos (Debris flow)
	<b>Km Inicio:</b> 13+610
	<b>Km Final:</b> 13+650
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8482463 E 187383
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 80 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 14** *Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-031. Fuente Propia.*


GEx-031	Tipo de Movimiento:
	Flujos de Detritos (Debris flow)
	<b>Km Inicio:</b> 14+400 AB
	<b>Km Final:</b> 14+580 AB
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481805 E 187682
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Detrito
	<b>Altura Max:</b> 100 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 138 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	




**Tabla 7. 15 Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-034. Fuente Propia.**

GEx-034	Tipo de Movimiento:
	Flujos de Detritos (Debris flow)
	<b>Km Inicio:</b> 15+050 AB
	<b>Km Final:</b> 15+090 AB
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481346
	E 187855
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Suelo
	<b>Altura Max:</b> 100 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 31 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápido
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	


**Tabla 7. 16 Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-041. Fuente Propia.**

GEx-041	Tipo de Movimiento:
	Derrumbe
	<b>Km Inicio:</b> 15+980
	<b>Km Final:</b> 16+000
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8480703
	E 188512
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 10 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 15 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 17 Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-056. Fuente Propia.**


GEx-056	Tipo de Movimiento:
	Flujos de Detritos (Debris flow)
	<b>Km Inicio:</b> 18+430
	<b>Km Final:</b> 18+550
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8480874
	E 189258
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 25 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 31 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)	
<b>Observaciones</b>	

**Tabla 7. 18 Flujos de Detritos (Debris Flow) GEx-101. Fuente Propia.**


GEx-101	Tipo de Movimiento:	
	Flujos de Detritos (Debris flow)	
	<b>Km Inicio:</b>	24+850
	<b>Km Final:</b>	24+920
	<b>UTM</b>	N 8477285
	<b>Epicentro</b>	E 191749
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Detritos
	<b>Altura Max:</b>	25 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	50 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Seco
	<b>Velocidad:</b>	Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Detritos (fragmentos de rocas (grava) con arena y limo envueltos en matriz arcillosa)		
<b>Observaciones</b>		

### Flujos de Barro (Mud flow)

**Tabla 7. 19 Flujos de Barro (Mud Flow) GEx-005. Fuente Propia.**


GEx-005	Tipo de Movimiento:	
	Flujos de Barro (Mud flow)	
	<b>Km Inicio:</b>	10+080
	<b>Km Final:</b>	10+090
	<b>UTM</b>	N 8482463
	<b>Epicentro</b>	E 187383
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Suelo
	<b>Altura Max:</b>	8 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	10 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Húmedo
	<b>Velocidad:</b>	Moderada
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelos (Limo arenosos en matriz arcillosa)		
<b>Observaciones</b>		

**Tabla 7. 20 Flujos de Barro (Mud Flow) GEx-006. Fuente Propia.**


GEx-006	Tipo de Movimiento:	
	Flujos de Barro (Mud flow)	
	<b>Km Inicio:</b>	10+170
	<b>Km Final:</b>	10+180
	<b>UTM</b>	N 8484065
	<b>Epicentro</b>	E 186501
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Suelo
	<b>Altura Max:</b>	8 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	10 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Húmedo
	<b>Velocidad:</b>	Moderada
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelos (Limo arenosos en matriz arcillosa)		
<b>Observaciones</b>		



**Tabla 7. 21** *Flujos de Barro (Mud Flow) GEx-008. Fuente Propia.*


GEx-008	Tipo de Movimiento:	
	Flujos de Barro (Mud flow)	
	<b>Km Inicio:</b>	10+390
	<b>Km Final:</b>	10+580
	<b>UTM</b>	N 8483789
	<b>Epicentro</b>	E 186616
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Suelo
	<b>Altura Max:</b>	20 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	146 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Mojado
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelos (Limo arenosos en matriz arcillosa)		
<b>Observaciones</b>		

**Tabla 7. 22** *Flujos de Barro (Mud Flow) GEx-011. Fuente Propia.*


GEx-011	Tipo de Movimiento:	
	Flujos de Barro (Mud flow)	
	<b>Km Inicio:</b>	11+490
	<b>Km Final:</b>	11+540
	<b>UTM</b>	N 8483084
	<b>Epicentro</b>	E 187030
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Suelo
	<b>Altura Max:</b>	15 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	38 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Mojado
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelos (Limo arenosos en matriz arcillosa)		
<b>Observaciones</b>		

## Deslizamientos Rotacionales


**Tabla 7. 23** *Deslizamiento Rotacional GEx-016. Fuente Propia.*

GEx-016	Tipo de Movimiento:	
	Deslizamiento Rotacional	
	<b>Km Inicio:</b>	12+150
	<b>Km Final:</b>	12+210
	<b>UTM</b>	N 8482550
	<b>Epicentro</b>	E 187101
	<b>Actividad:</b>	Activo Suspendido
	<b>Litología:</b>	Suelo
	<b>Altura Max:</b>	20 m
	<b>Ancho Pro.:</b>	46 m
	<b>Pres. Agua:</b>	Húmedo
<b>Factores Condicionantes</b>		
Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.		
<b>Observaciones</b>		


**Tabla 7. 24** *Deslizamiento Rotacional GEx-029. Fuente Propia.*

GEx-029	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 19+570
	<b>Km Final:</b> 19+630
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8480613 E 189980
	<b>Actividad:</b> Inactivo
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 20 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 46 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>

**Tabla 7. 25** Deslizamiento Rotacional GEx-081. Fuente Propia.


GEx-081	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 23+140 AB
	<b>Km Final:</b> 23+200 AB
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8478270 E 191070
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Detrito
	<b>Altura Max:</b> 50 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 46 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>

**Tabla 7. 26** Deslizamiento Rotacional GEx-083. Fuente Propia.


GEx-083	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 23+470
	<b>Km Final:</b> 23+640
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8478071 E 191297
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Detrito
	<b>Altura Max:</b> 20 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 31 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>




**Tabla 7. 27 Deslizamiento Rotacional GEx-094. Fuente Propia.**

GEx-094	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 24+320
	<b>Km Final:</b> 24+340
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477585
	E 191615
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 10 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 15 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>

**Tabla 7. 28 Deslizamiento Rotacional GEx-100. Fuente Propia.**


GEx-100	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 24+730
	<b>Km Final:</b> 24+810
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477401
	E 191685
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 80 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 69 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>

**Tabla 7. 29 Deslizamiento Rotacional GEx-105. Fuente Propia.**


GEx-105	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Rotacional
	<b>Km Inicio:</b> 25+440
	<b>Km Final:</b> 25+610
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477285
	E 191749
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Detritos
	<b>Altura Max:</b> 100 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 131 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Suelo, detritos o afloramientos rocosos altamente fracturados.
	<b>Observaciones</b>

## Deslizamientos Traslacionales


**Tabla 7. 30** Deslizamiento Traslacional GEx-028. Fuente Propia.

GEx-028	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 13+230
	<b>Km Final:</b> 13+250
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> E 187285
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 15 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.
	<b>Observaciones</b>
	Formación de cuñas

**Tabla 7. 31** Deslizamiento Traslacional GEx-043. Fuente Propia.


GEx-043	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 16+380
	<b>Km Final:</b> 16+560
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> E 188779
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura Max:</b> 20 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 138 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.
	<b>Observaciones</b>

**Tabla 7. 32** Deslizamiento Traslacional GEx-044. Fuente Propia.


GEx-044	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 16+670
	<b>Km Final:</b> 16+710
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> E 188699
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Roca-Suelo
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.
	<b>Observaciones</b>
	Contacto entre roca y suelo




**Tabla 7. 33** Deslizamiento Traslacional GEx-088. Fuente Propia.

GEx-088	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 23+810
	<b>Km Final:</b> 23+870
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477864 E 191366
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Roca-Suelo
	<b>Altura Max:</b> 25 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 45 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápido
<b>Factores Condicionantes</b> Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.	
<b>Observaciones</b> Contacto entre roca y suelo	


**Tabla 7. 34** Deslizamiento Traslacional GEx-090. Fuente Propia.

GEx-090	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 24+050
	<b>Km Final:</b> 24+060
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477811 E 191553
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Roca-Suelo
	<b>Altura Max:</b> 10 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 8 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápido
<b>Factores Condicionantes</b> Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.	
<b>Observaciones</b> Contacto entre roca y suelo	

**Tabla 7. 35** Deslizamiento Traslacional GEx-092. Fuente Propia.


GEx-092	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 24+280
	<b>Km Final:</b> 24+310
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477619 E 191595
	<b>Actividad:</b> Reactivado
	<b>Litología:</b> Roca-Suelo
	<b>Altura Max:</b> 15 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 25 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápido
<b>Factores Condicionantes</b> Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.	
<b>Observaciones</b> Contacto entre roca y suelo	

**Tabla 7. 36** Deslizamiento Traslacional GEx-098. Fuente Propia.

GEx-098	Tipo de Movimiento:
	Deslizamiento Traslacional
	<b>Km Inicio:</b> 24+620
	<b>Km Final:</b> 24+650
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477374 E 191573
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Pendiente: 25 - 50 % Litología: Afloramiento Rocoso cuyas diaclasas buzan a favor de la pendiente o la misma estratificación del afloramiento.
	<b>Observaciones</b>

## Movimientos Complejos

**Tabla 7. 37** Movimiento Complejo GEx-007. Fuente Propia.


GEx-007	Tipo de Movimiento:
	Complejo
	<b>Km Inicio:</b> 10+340
	<b>Km Final:</b> 10+390
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8483891 E 186574
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 20 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 38 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos

**Tabla 7. 38** Movimiento Complejo GEx-010. Fuente Propia.


GEx-010	Tipo de Movimiento:
	Complejo
	<b>Km Inicio:</b> 10+790
	<b>Km Final:</b> 11+150
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8483419 E 186720
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 30 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 360 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos




**Tabla 7. 39 Movimiento Complejo GEx-023. Fuente Propia.**

GEx-023	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 12+780
	<b>Km Final:</b> 12+900
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8483025
	E 187165
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 35 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 92 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional, Pandeo de estratos y Flujo de Detritos.


**Tabla 7. 40 Movimiento Complejo GEx-030. Fuente Propia.**

GEx-030	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 14+370
	<b>Km Final:</b> 14+670
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481879
	E 187774
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 100 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 192 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos y de Barro


**Tabla 7. 41 Movimiento Complejo GEx-032. Fuente Propia.**

GEx-032	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 14+860
	<b>Km Final:</b> 15+200
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481437
	E 187956
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 50 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 240 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos y de Barro.


**Tabla 7. 42 Movimiento Complejo GEx-048. Fuente Propia.**

GEx-048	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 17+160
	<b>Km Final:</b> 17+190
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481233
	E 188702
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 40 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Mojado
	<b>Velocidad:</b> Rápido
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos

**Tabla 7. 43 Movimiento Complejo GEx-049. Fuente Propia.**


GEx-049	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 17+250
	<b>Km Final:</b> 17+300
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481319
	E 188694
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 80 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 38 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional, Vuelco y Desprendimientos.

**Tabla 7. 44 Movimiento Complejo GEx-063. Fuente Propia.**


GEx-063	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 19+960
	<b>Km Final:</b> 20+000
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8480683
	E 190343
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 100 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 40 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos




**Tabla 7. 45 Movimiento Complejo GEx-082. Fuente Propia.**

GEx-082	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 23+300
	<b>Km Final:</b> 23+500
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8478206
	E 191271
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 50 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 170 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.	
<b>Observaciones</b>	
Combinación de Desprendimientos (Caidas) y Flujos de Detritos.	


**Tabla 7. 46 Movimiento Complejo GEx-087. Fuente Propia.**

GEx-087	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 23+780
	<b>Km Final:</b> 23+810
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477897
	E 191327
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 20 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.	
<b>Observaciones</b>	
Combinación de D. Traslacional con Desprendimientos	

**Tabla 7. 47 Movimiento Complejo GEx-097. Fuente Propia.**


GEx-097	Tipo de Movimiento:
	Compejo
	<b>Km Inicio:</b> 24+580
	<b>Km Final:</b> 24+620
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8481319
	E 188694
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 80 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 38 m
	<b>Pres. Agua:</b> Húmedo
	<b>Velocidad:</b> Rápida
<b>Factores Condicionantes</b>	
Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.	
<b>Observaciones</b>	
Combinación de D. Traslacional con desprendimientos y flujos.	

**Tabla 7. 48 Movimiento Complejo GEx-104. Fuente Propia.**

GEx-104	Tipo de Movimiento:
	Complejo
	<b>Km Inicio:</b> 25+140
	<b>Km Final:</b> 25+170
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477192
	E 191956
	<b>Actividad:</b> Activo Suspendido
	<b>Litología:</b> Roca y Detrito
	<b>Altura Max:</b> 50 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 23 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Rápida
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Los factores condicionantes para los movimientos complejos son la sumatoria de los factores de los fenómenos que lo conforman.
	<b>Observaciones</b>
	Combinación de D. Traslacional con Flujo de Detritos

## Extensión Lateral

**Tabla 7. 49 Extensión Lateral. GEx-108. Fuente Propia.**

GEx-108	Tipo de Movimiento:
	Extensión Lateral
	<b>Km Inicio:</b> 25+630 AB
	<b>Km Final:</b> 25+670 AB
	<b>UTM</b>
	<b>Epicentro</b> N 8477275
	E 191527
	<b>Actividad:</b> Activo en Movimiento
	<b>Litología:</b> Roca
	<b>Altura Max:</b> 50 m
	<b>Ancho Pro.:</b> 30 m
	<b>Pres. Agua:</b> Seco
	<b>Velocidad:</b> Muy Lento
	<b>Factores Condicionantes</b>
	Litología: Intercalación de estratos pesados con estratos blandos.
	<b>Observaciones</b>



## **CAPITULO VIII**

# **PELIGROS GEOLÓGICOS**

## 8.1. Generalidades

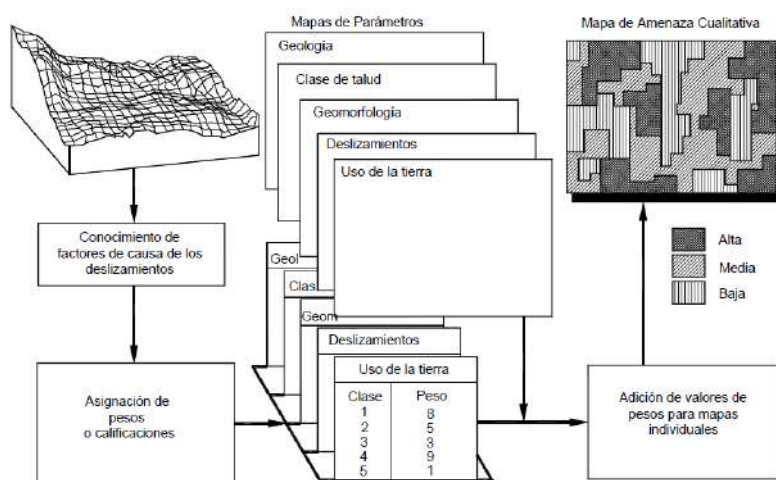
El presente capítulo se desarrolló teniendo en cuenta el libro de “Deslizamientos, Volumen I: Análisis Geotécnico”, de Jaime Suarez Díaz, publicada en febrero de 2009 y el libro de “Ingeniería Geológica” de Vallejo et al., 2002. Ambos autores coinciden al indicar que la peligrosidad es el resultado de la acción de los factores desencadenantes sobre la susceptibilidad. “Una evaluación de amenaza (también conocido como peligrosidad) a los deslizamientos, incluye un estudio previo de la susceptibilidad y de la posibilidad de que ocurra un evento detonante. Para que se presente la amenaza, se requiere que se presenten conjuntamente la susceptibilidad y el evento detonante” (Suarez, 2009, p. 542).

## 8.2. Nociones Básicas

A continuación, se indican algunos conceptos que nos van ayudar a entender mejor el desarrollo del presente capítulo.

### Susceptibilidad

Es la posibilidad que ocurra un determinado fenómeno en un área, esta posibilidad está condicionada a las características internas del terreno o también conocidos como factores condicionantes. El mapa de susceptibilidad puede realizarse, o bien teniendo en cuenta la densidad de fenómenos geodinámicos (mediante un inventario de deslizamientos), o bien teniendo en cuenta los factores condicionantes, a los cuales se les asigna pesos, dependiendo de cuanto influyan en la ocurrencia de dichos fenómenos. Suarez, (2009) indica que “el mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad” (p.533).



**Ilustración 8. 1** Uso de SIGs para combinación cualitativa de mapas. Tomado de Suarez, 2009, p. 549.

### Peligrosidad

Como ya se indicó, la peligrosidad es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, con una intensidad determinada, dentro de un área específica, en un periodo de tiempo dado (Varnes, 1984; Barbat, 1998). Suárez, (2009) propone tres métodos de análisis, los métodos Heurísticos, métodos Estadísticos y los métodos Determinísticos. Los primeros se basan en el estudio conceptual de los procesos de ocurrencia y requiere del análisis por parte de profesionales que asignan valores (pesos) de manera subjetiva, en base a su conocimiento. Los métodos estadísticos tienen en cuenta la densidad de los fenómenos que ocurren en una determinada área “el método estadístico superpone mapas de parámetros y mapas de unidades homogéneas al mapa de inventario de deslizamientos y calcula la densidad del





deslizamiento” (Suárez, 2009, p.552). El método determinístico tiene en cuenta el “factor de seguridad”, este método requiere de información específica, como las propiedades de resistencia de los materiales, presencia de nivel freático, etc.

### 8.3. Cobertura Vegetal

Uno de los factores Condicionantes de gran importancia es la Cobertura Vegetal, para este trabajo de investigación se hizo un mapeo al detalle de la Cobertura Vegetal tomando como referencia principal la “Zonificación Ecológica Económica del Departamento del Cusco” realizada por la Dirección de Estudios y Proyectos de Gestión Ambiental de la Región del Cusco el año 2005 (Mapas: M-20 y M-21).

**Tabla 8. 1** *Inventario de Cobertura Vegetal. Fuente Propia.*

Cobertura Vegetal					
Km-Inicio	Km-Final	Tipo de Cobertura Vegetal	Km-Inicio	Km-Final	Tipo de Cobertura Vegetal
8+900	9+140	Áreas de intervención antrópica (AIA)	18+260	18+300	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
9+140	9+300	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	18+300	18+360	Bosque macizos exóticos (BmE2III)
9+300	9+330	Áreas de intervención antrópica (AIA)	18+360	18+660	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
9+330	9+480	Bosque macizos exóticos (BmE2III)	18+660	18+700	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
9+480	9+870	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	18+700	18+930	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
9+870	10+000	Humedales andinos (HAd1V)	18+930	19+250	Bosque macizos exóticos (BmE2III)
10+000	10+030	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+250	19+360	Áreas de intervención antrópica (AIA)
10+030	10+060	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+360	19+460	Áreas de intervención antrópica (AIA)
10+060	10+340	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+460	19+530	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
10+340	10+390	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+530	19+590	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
10+390	10+580	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+590	19+760	Áreas de intervención antrópica (AIA)
10+580	10+630	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+760	19+840	Bosque macizos exóticos (BmE2III)
10+630	10+720	Humedales andinos (HAd1V)	19+840	19+920	Bosque macizos exóticos (BmE2III)
10+720	10+740	Humedales andinos (HAd1V)	19+920	19+978	Puente Upina(18m)
10+740	10+790	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+920	19+960	Matorral sub húmedo de valles interandinos (MAshVIsd1V)
10+790	11+490	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	19+960	20+010	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
11+490	11+540	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)	20+010	20+040	Bosque macizos exóticos (BmE2III)
11+540	11+590	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+040	20+340	Áreas de intervención antrópica (AIA)
11+590	11+750	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+340	20+460	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
11+750	11+810	Humedales andinos (HAd1V)	20+460	20+740	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
11+810	12+090	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+740	20+810	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+090	12+210	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+810	20+940	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+210	12+350	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+940	20+980	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+350	12+460	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	20+980	21+040	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+460	12+470	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)	21+040	21+110	Áreas de intervención antrópica (AIA)
12+470	12+550	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	21+110	21+290	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+550	12+580	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	21+290	21+340	Áreas de intervención antrópica (AIA)
12+580	12+650	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	21+340	21+830	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+650	12+670	Matorral sub húmedo de valles interandinos (MAshVIsd1V)	21+830	21+920	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+670	12+695	Humedales andinos (HAd1V)	21+920	22+080	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+695	12+700	Matorral sub húmedo de valles interandinos (MAshVIsd1V)	22+080	22+100	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+700	12+760	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	22+100	22+310	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+760	12+780	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	22+310	22+340	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+780	12+920	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	22+880	23+200	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
12+920	12+935	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	23+200	23+250	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
12+935	13+010	Bosque macizos exóticos (BmE2III)	23+250	23+500	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
13+010	13+030	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	23+500	23+540	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
13+030	13+110	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	23+540	23+690	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
13+110	13+140	Matorral sub húmedo de valles interandinos (MAshVIsd1V)	23+690	23+700	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
13+140	13+910	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	23+700	23+750	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
13+910	13+925	Puente Ccantos Calla (10m)	23+750	23+810	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
13+925	13+950	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)	23+810	23+870	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)



13+950	14+640	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	23+870	23+930	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
14+640	15+150	Bosque macizos exóticos (BmE2III)	23+930	23+970	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
15+150	15+230	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)	24+000	24+080	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
15+230	15+360	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+080	24+110	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
15+360	15+470	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+110	24+280	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
15+470	15+800	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+280	24+340	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
15+800	15+920	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+340	24+370	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
15+920	16+560	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+370	24+470	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
16+560	16+600	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+470	24+810	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
16+600	16+720	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+810	24+850	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
16+720	16+820	Áreas de intervención antrópica (AIA)	24+850	24+920	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
16+820	17+170	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+920	24+950	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
17+170	17+190	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	24+920	25+000	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
17+190	17+510	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	25+000	25+130	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
17+510	17+570	Bosque macizos exóticos (BmE2III)	25+130	25+170	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
17+570	17+565	Puente Cuculihuachana (15m)	25+170	25+270	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
17+565	17+565	Qda. Tojonuanca	25+270	25+350	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
17+570	17+820	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	25+350	25+450	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
17+820	18+050	Bosque macizos exóticos (BmE2III)	25+450	25+560	Pastizales o cespel de puna (P-sPpd-sd1V)
18+050	18+100	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	25+560	25+760	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)
18+100	18+260	Áreas desnudas o con escasa vegetación (Ad-Ev)	25+760	26+000	Áreas de intervención antrópica (AIA)

#### 8.4. Análisis de Susceptibilidad

Para realizar los análisis de susceptibilidad y peligrosidad se utilizó el método Heurístico, asignando pesos a los factor condicionantes y desencadenantes, con sus respectivos descriptores. Para asignar los pesos hemos utilizado el método “Multicriterio” desarrollado por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierarchy Process, 1980), el cual realiza un análisis jerárquico de cada descriptor dependiendo su importancia con el fenómeno que se está analizando, este método se encuentra ampliamente explicado en el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales”, publicada por el CENEPRED el año 2014, Anexo N° 5.

##### 8.4.1. Susceptibilidad a Desprendimientos

Como ya se vio en el marco conceptual, los desprendimientos son caídas de masas rocosas formadas por la intersección de discontinuidades (Mapas: M-27 y M-28).

##### Factores Condicionantes de los Desprendimientos

- Pendiente
- Litología
- Cobertura Vegetal
- Hidrogeología

##### Ponderación de los factores Condicionantes para Desprendimientos

**Tabla 8. 2** Matriz de comparación de pares de los descriptores para desprendimientos. Fuente Propia.

Factores Condicionantes	Pendiente	Litología	Cobertura Vegetal	Hidrogeología
<b>Pendiente</b>	1.000	4	5	6
<b>Litología</b>	0.250	1.000	2	3
<b>Cobertura Vegetal</b>	0.200	0.500	1.000	3
<b>Hidrogeología</b>	0.170	0.330	0.330	1.000
$\Sigma$	1.620	5.830	8.330	12.943
$1/\Sigma$	0.617	0.172	0.120	0.077

En esta tabla se hace una comparación pareada, en la que se comparan los descriptores unos con otros asignando pesos según su importancia una respecto a otro.



**Tabla 8. 3** Matriz de normalización de Pares de los descriptores para desprendimientos. Fuente Propia.

Factores Condicionantes	Pendiente	Litología	Cobertura Vegetal	Hidrogeología	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Pendiente	0.617	0.686	0.600	0.454	0.590	59%	2.503	4.246
Litología	0.154	0.172	0.240	0.234	0.200	20%	0.840	4.200
Cobertura Vegetal	0.123	0.086	0.120	0.234	0.141	14%	0.570	4.045
Hidrogeología	0.105	0.057	0.040	0.077	0.070	7%	0.282	4.056

**Tabla 8. 4** Relación de consistencia de los descriptores para desprendimientos. Fuente Propia.

Relación de Consistencia	
<i>n</i>	4
$\lambda_{max}$	4.137
IC	0.046
IA	0.882
RC	0.052

**Tabla 8. 5** Tabla de correlación entre el número de descriptores "n" con el IA. Fuente CENEPRED, 2014.

<i>n</i>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

“Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10” Saaty (1980), como se citó en CENEPRED, 2014, Anexo N° 5.

**Tabla 8. 6** Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a desprendimientos. Fuente Propia.

PP	Pendiente	0.590	
DP-01	$P > 75\%$	0.504	0.297
DP-02	$75\% \geq P \geq 50\%$	0.260	0.153
DP-03	$50\% \geq P \geq 15\%$	0.134	0.079
DP-04	$15\% \geq P \geq 4\%$	0.067	0.040
DP-05	$4\% \geq P \geq 0\%$	0.034	0.020
PL	Litología	0.200	
DL-01	Intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro	0.460	0.092
DL-02	Lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro	0.258	0.052
DL-03	Depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales y depósitos aluviales.	0.150	0.030
DL-04	Depósitos proluviales y depósitos deluviales	0.085	0.017
DL-05	Depósitos antrópicos, depósitos biogénicos y depósitos fluviales	0.047	0.009
PH	Hidrogeología	0.141	
DH-01	Acuífero Paruro II y Soncco II	0.460	0.065
DH-02	Acuífero Paruro I y Soncco I	0.262	0.037
DH-03	Acuífero fluvio-glaciario	0.147	0.021
DH-04	Acuífero aluvial, coluvial, antrópico y proluvial	0.083	0.012
DH-05	Acuífero biogénico y acuífero fluvial	0.047	0.007
PCV	Cobertura Vegetal	0.070	
DCV-01	Áreas desnudas y pastizales	0.459	0.032
DCV-02	Antrópicos	0.259	0.018
DCV-03	Humedales andinos	0.150	0.010
DCV-04	Matorral sub húmedo	0.086	0.006
DCV-05	Bosques macizos exóticos	0.047	0.003
R1	$(PP*DP-01) + (PL*DL-01) + (PH*DH-01) + (PCV*DCV-01) =$	0.486	
R2	$(PP*DP-02) + (PL*DL-02) + (PH*DH-02) + (PCV*DCV-02) =$	0.260	
R3	$(PP*DP-03) + (PL*DL-03) + (PH*DH-03) + (PCV*DCV-03) =$	0.140	
R4	$(PP*DP-04) + (PL*DL-04) + (PH*DH-04) + (PCV*DCV-04) =$	0.074	
R5	$(PP*DP-05) + (PL*DL-05) + (PH*DH-05) + (PCV*DCV-05) =$	0.040	



## Niveles de Susceptibilidad para Desprendimientos

**Tabla 8. 7 Niveles de Susceptibilidad para Desprendimientos. Fuente Propia.**

Factores Condicionantes				TOTAL	NIVELES DE SUEPTIBILIDAD			
Pendiente	Litología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal		RANGO			NIVEL
0.590	0.200	0.141	0.070					
0.5044	0.4598	0.4598	0.4585	0.4860	0.2600	≤ R <	0.4860	MUY ALTO
0.2602	0.2582	0.2624	0.2586	0.2600	0.1401	≤ R <	0.2600	ALTO
0.1337	0.1500	0.1474	0.1503	0.1401	0.0744	≤ R <	0.1401	MEDIO
0.0673	0.0854	0.0830	0.0856	0.0744	0.0396	≤ R <	0.0744	BAJO
0.0344	0.0466	0.0474	0.0471	0.0396				

**Tabla 8. 8 Matriz de niveles de susceptibilidad por desprendimientos. Fuente Propia.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO			NIVEL
MUY ALTO	Zona con pendientes mayores a 75%. Litológicamente presenta intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos Paruro II y acuíferos Soncco II. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas desnudas y pastizales.	0.2600	≤ R <	0.4860	MUY ALTO
ALTO	Zona con pendientes entre 50% y 75%. Litológicamente presenta lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitados Paruro I y Soncco I. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas antrópicas.	0.1401	≤ R <	0.2600	ALTO
MEDIO	Zona con pendientes entre 50% y 4%. Litológicamente presenta depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales, depósitos aluviales, depósitos proluviales y depósitos deluviales. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluvio-glaciares, acuitados aluviales, coluvial, antrópico y proluvial. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en matorrales sub húmedos y humedales andinos	0.0744	≤ R <	0.1401	MEDIO
BAJO	Zona con pendientes entre 4% y 0%. Litológicamente presenta depósitos antrópicos, depósitos biogénicos y depósitos fluviales. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíclados biogénicos y acuíferos fluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en bosques macizos exóticos.	0.0396	≤ R <	0.0744	BAJO

### 8.4.2. Susceptibilidad a Flujos de Detritos (Debris flow)

Los flujos de Detritos o Derrubios son movimientos que engloban a fragmentos rocosos, cantos y gravas envueltas en una matriz fina (arenas, limos y arcillas), este tipo de movimiento se da sobre todo en laderas (Mapas: M-33 y M-34).

#### Factores Condicionantes de los Flujos de Detritos (Debris flow)

- Litología
- Pendiente
- Geomorfología
- Hidrogeología
- Cobertura Vegetal





## Ponderación de los factores Condicionantes para Flujos de Detritos

**Tabla 8. 9** Resumen de la ponderación de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a Flujos de Detritos. Fuente Propia.

PL	Litología	0.421	
DL-01	Depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales y depósitos proluviales	0.417	0.175
DL-02	Depósitos aluviales, depósitos deluviales y depósitos biogénicos.	0.272	0.115
DL-03	Lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro	0.178	0.075
DL-04	Depósitos antrópicos y depósitos fluviales	0.088	0.037
DL-05	Intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro	0.045	0.019
PP	Pendiente	0.283	
DP-01	0% ≤ P ≤ 4%	0.504	0.143
DP-02	4% ≤ P ≤ 15%	0.260	0.074
DP-03	15% ≤ P ≤ 50%	0.134	0.038
DP-04	50% ≤ P ≤ 75%	0.067	0.019
DP-05	P > 75%	0.034	0.010
PG	Geomorfología	0.183	
DG-01	Terraza aluvial, terraza fluvial baja, terraza fluvial media, terraza fluvial alta, Vertiente de montaña baja disectada empinada y vertiente de montaña baja escarpada	0.497	0.091
DG-02	Colina alta fuertemente disectada, colina alta moderadamente disectada, colina baja fuertemente disectada y colina baja moderadamente disectada	0.260	0.048
DG-03	Vertiente de montaña alta allanada, vertiente de montaña baja empinada, vertiente de montaña baja allanada, terraza estructural	0.137	0.025
DG-04	Fondo de valle bofedal, fondo de valle glaciar y altiplanicies allanadas	0.070	0.013
DG-05	Fondo de valle aluvial, cima montañosa, cima colinosa y terraza antrópica	0.036	0.007
PH	Hidrogeología	0.077	
DH-01	Acuitardo Paruro I y Acuitardo coluvial	0.446	0.034
DH-02	Acuitardo Soncco I y acuífero fluvio-glaciar	0.277	0.021
DH-03	Acuífero Paruro II, Acuícludo biogénico y acuífero Soncco II	0.156	0.012
DH-04	Acuitardo aluvial, proluvial y Acuícludo deluvial	0.087	0.007
DH-05	Acuífero fluvial y Acuitardo antrópico	0.034	0.003
PCV	Cobertura Vegetal	0.037	
DCV-01	Áreas desnudas y pastizales	0.409	0.015
DCV-02	Humedales andinos	0.301	0.011
DCV-03	Antrópicos	0.158	0.006
DCV-04	Matorral sub húmedo	0.084	0.003
DCV-05	Bosques macizos exóticos	0.048	0.002
<b>R1</b>	$(PL*DL-01) + (PP*DP-01) + (PG*DG-01) + (PH*DH-01) + (PCV*DCV-01) =$		<b>0.458</b>
<b>R2</b>	$(PL*DL-02) + (PP*DP-02) + (PG*DG-02) + (PH*DH-02) + (PCV*DCV-02) =$		<b>0.268</b>
<b>R3</b>	$(PL*DL-03) + (PP*DP-03) + (PG*DG-03) + (PH*DH-03) + (PCV*DCV-03) =$		<b>0.155</b>
<b>R4</b>	$(PL*DL-04) + (PP*DP-04) + (PG*DG-04) + (PH*DH-04) + (PCV*DCV-04) =$		<b>0.079</b>
<b>R5</b>	$(PL*DL-05) + (PP*DP-05) + (PG*DG-05) + (PH*DH-05) + (PCV*DCV-05) =$		<b>0.040</b>

## Niveles de Susceptibilidad para Flujos de Detritos (Debris flow)

**Tabla 8. 10** Niveles de Susceptibilidad para Flujos de Detritos (Debris flow). Fuente Propia.

Factores Condicionantes					TOTAL	NIVELES DE SUEPTIBILIDAD	
Litología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal			
0.421	0.283	0.183	0.077	0.037		RANGO	NIVEL
0.4172	0.5044	0.4969	0.4461	0.4093	<b>0.4583</b>	0.2682 ≤ R < 0.4583	<b>MUY ALTO</b>
0.2724	0.2602	0.2604	0.2772	0.3009	<b>0.2682</b>	0.1554 ≤ R < 0.2682	<b>ALTO</b>
0.1777	0.1337	0.1366	0.1563	0.1584	<b>0.1554</b>	0.0786 ≤ R < 0.1554	<b>MEDIO</b>
0.0881	0.0673	0.0698	0.0867	0.0835	<b>0.0786</b>	0.0395 ≤ R < 0.0786	<b>BAJO</b>
0.0446	0.0344	0.0363	0.0337	0.0479	<b>0.0395</b>		



**Tabla 8. 11 Matriz de niveles de susceptibilidad por flujo de detritos. Fuente Propia.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO			NIVEL
<b>MUY ALTO</b>	Zona que presenta depósitos fluvioglaciares, depósitos coluviales y depósitos proluviales. Presenta pendientes entre 0% y 4%. Con respecto a su geomorfología presenta terrazas aluviales, terrazas fluviales bajas, terrazas fluviales medias, terrazas fluviales altas, vertientes de montaña baja disectada empinada y vertientes de montaña baja escarpada. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Paruro I y acuitardos coluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas desnudas y pastizales.	0.2682	$\leq R <$	0.4583	<b>MUY ALTO</b>
<b>ALTO</b>	Zona que presenta depósitos aluviales, depósitos deluviales y depósitos biogénicos. Presenta pendientes entre 4% y 15%. Con respecto a su geomorfología presenta colinas altas fuertemente disectada, colinas altas moderadamente disectadas, colinas bajas fuertemente disectadas y colinas bajas moderadamente disectada. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Soncco I y acuíferos fluvioglaciares. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en humedales andinos.	0.1554	$\leq R <$	0.2682	<b>ALTO</b>
<b>MEDIO</b>	Zona que presenta lutitas, limolitas, conglomerados de la formación Paruro, depósitos antrópicos y depósitos fluviales. Presenta pendientes entre 15% y 75%. Con respecto a su geomorfología presenta vertientes de montaña alta allanada, vertientes de montaña baja empinada, vertientes de montaña baja allanada, terrazas estructurales, fondos de valle bofedal, fondos de valle glaciar y altiplanicies allanadas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos Paruro II, acuíclados biogénicos, acuíferos Soncco II, acuitardos aluviales, proluviales y acuíclados deluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas antrópicas y matorrales sub húmedos.	0.0786	$\leq R <$	0.1554	<b>MEDIO</b>
<b>BAJO</b>	Zona que presenta intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro. Presenta pendientes mayores a 75%. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, cimas montañosas, cimas colinosas y terrazas antrópicas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluviales y acuitardos antrópicos. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en bosques macizos exóticos.	0.0395	$\leq R <$	0.0786	<b>BAJO</b>

### 8.4.3. Susceptibilidad a Flujos de Barro (Mud flow)

Los flujos de Barro o coladas de Barro son movimientos de materiales finos y homogéneos, estos movimientos presentan pequeñas magnitudes y ocurre cuando la saturación de agua es considerable (Mapas: M-35 y M-36).

#### Factores Condicionantes de los Flujos de Barro

- Litología
- Pendiente
- Geomorfología
- Hidrogeología
- Cobertura Vegetal

#### Ponderación de los factores Condicionantes para Flujos de Barro

**Tabla 8. 12 Resumen de la ponderización de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a Flujos de Barro. Fuente Propia.**

PL	Litología	0.421	
DL-01	Depósitos aluviales, depósitos deluviales y depósitos biogénicos.	0.417	0.175
DL-02	Depósitos fluvioglaciares, depósitos coluviales y depósitos proluviales	0.272	0.115
DL-03	Lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro	0.178	0.075
DL-04	Depósitos antrópicos y depósitos fluviales	0.088	0.037
DL-05	Intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación paruro	0.045	0.019
PP	Pendiente	0.283	
DP-01	$0\% \leq P \leq 4\%$	0.504	0.143
DP-02	$4\% \leq P \leq 15\%$	0.260	0.074
DP-03	$15\% \leq P \leq 50\%$	0.134	0.038
DP-04	$50\% \leq P \leq 75\%$	0.067	0.019
DP-05	$P > 75\%$	0.034	0.010
PG	Geomorfología	0.183	
DG-01	Terraza aluvial, terraza fluvial baja, terraza fluvial media, terraza fluvial alta, Vertiente de montaña baja disectada empinada y vertiente de montaña baja escarpada	0.497	0.091
DG-02	Colina alta fuertemente disectada, colina alta moderadamente disectada, colina baja fuertemente disectada y colina baja moderadamente disectada	0.260	0.048
DG-03	Vertiente de montaña alta allanada, vertiente de montaña baja empinada, vertiente de montaña baja allanada, terraza estructural	0.137	0.025
DG-04	Fondo de valle bofedal, fondo de valle glaciar y altiplanicies allanadas	0.070	0.013



DG-05	Fondo de valle aluvial, cima montañosa, cima colinosa y terraza antrópica	0.036	0.007
<b>PH</b>	<b>Hidrogeología</b>	<b>0.077</b>	
DH-01	Acuitardo parero I y Acuitardo coluvial	0.446	0.034
DH-02	Acuitardo Soncco I y acuífero fluvio-glaciario	0.277	0.021
DH-03	Acuífero Paruro II, Acuícludo biogénico y acuífero Soncco II	0.156	0.012
DH-04	Acuitardo aluvial, proluvial y Acuícludo deluvial	0.087	0.007
DH-05	Acuífero fluvial y Acuitardo antrópico	0.034	0.003
<b>PCV</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>0.037</b>	
DCV-01	Áreas desnudas y pastizales	0.409	0.015
DCV-02	Humedales andinos	0.301	0.011
DCV-03	Antrópicos	0.158	0.006
DCV-04	Matorral sub húmedo	0.084	0.003
DCV-05	Bosques macizos exóticos	0.048	0.002
<b>R1</b>	$(PL*DL-01) + (PP*DP-01) + (PG*DG-01) + (PH*DH-01) + (PCV*DCV-01) =$	<b>0.458</b>	
<b>R2</b>	$(PL*DL-02) + (PP*DP-02) + (PG*DG-02) + (PH*DH-02) + (PCV*DCV-02) =$	<b>0.268</b>	
<b>R3</b>	$(PL*DL-03) + (PP*DP-03) + (PG*DG-03) + (PH*DH-03) + (PCV*DCV-03) =$	<b>0.155</b>	
<b>R4</b>	$(PL*DL-04) + (PP*DP-04) + (PG*DG-04) + (PH*DH-04) + (PCV*DCV-04) =$	<b>0.079</b>	
<b>R5</b>	$(PL*DL-05) + (PP*DP-05) + (PG*DG-05) + (PH*DH-05) + (PCV*DCV-05) =$	<b>0.040</b>	

**Tabla 8. 13 Niveles de Susceptibilidad para Flujos de Barro (Mud flow). Fuente Propia.**

Factores Condicionantes					TOTAL	NIVELES DE SUCEPTIBILIDAD	
Litología	Pendiente	Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal			
<b>0.421</b>	<b>0.283</b>	<b>0.183</b>	<b>0.077</b>	<b>0.037</b>		<b>RANGO</b>	
							<b>NIVEL</b>
0.4172	0.5044	0.4969	0.4461	0.4093	<b>0.4583</b>	0.2682	≤ R < 0.4583 <b>MUY ALTO</b>
0.2724	0.2602	0.2604	0.2772	0.3009	<b>0.2682</b>	0.1554	≤ R < 0.2682 <b>ALTO</b>
0.1777	0.1337	0.1366	0.1563	0.1584	<b>0.1554</b>	0.0786	≤ R < 0.1554 <b>MEDIO</b>
0.0881	0.0673	0.0698	0.0867	0.0835	<b>0.0786</b>	0.0395	≤ R < 0.0786 <b>BAJO</b>
0.0446	0.0344	0.0363	0.0337	0.0479	<b>0.0395</b>		

**Tabla 8. 14 Matriz de Niveles de Susceptibilidad para Flujos de Barro (Mud flow). Fuente Propia.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO			NIVEL
<b>MUY ALTO</b>	Zona que presenta depósitos aluviales, depósitos deluviales y depósitos biogénicos. Presenta pendientes entre 0% y 4%. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle bofedal, fondos de valle glaciario y altiplanicies allanadas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Paruro I y acuitardos coluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas desnudas y pastizales.	0.2682	≤ R <	0.4583	<b>MUY ALTO</b>
<b>ALTO</b>	Zona que presenta depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales y depósitos proluviales. Presenta pendientes entre 4% y 15%. Con respecto a su geomorfología presenta terrazas aluviales, terrazas fluviales bajas, terrazas fluviales medias, terrazas fluviales altas, vertientes de montaña baja disectada empinada y vertientes de montaña baja escarpada. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Soncco I y acuíferos fluvio-glaciares. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en humedales andinos.	0.1554	≤ R <	0.2682	<b>ALTO</b>
<b>MEDIO</b>	Zona que presenta lutitas, limolitas, conglomerados de la formación Paruro, depósitos antrópicos y depósitos fluviales. Presenta pendientes entre 15% y 75%. Con respecto a su geomorfología presenta colinas altas fuertemente disectada, colinas altas moderadamente disectadas, colinas bajas fuertemente disectadas, colinas bajas moderadamente disectada, vertientes de montaña alta allanada, vertientes de montaña baja empinada, vertientes de montaña baja allanadas y terrazas estructurales. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos Paruro II, acuícludos biogénicos, acuíferos Soncco II, acuitardos aluviales, proluviales y acuícludos deluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas antrópicas y matorrales sub húmedos.	0.0786	≤ R <	0.1554	<b>MEDIO</b>
<b>BAJO</b>	Zona que presenta intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro. Presenta pendientes mayores a 75%. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, cimas montañosas, cimas colinosas y terrazas antrópicas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluviales y acuitardos antrópicos. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en bosques macizos exóticos.	0.0395	≤ R <	0.0786	<b>BAJO</b>



#### 8.4.4. Susceptibilidad a Deslizamientos Rotacionales

Los deslizamientos rotacionales son fenómenos que ocurren en suelos y rocas altamente fracturadas, donde la superficie de rotura tiene una forma curva, en forma de cuchara, por lo general presentan fallas profundas (Mapas: M-29 y M-30).

#### Factores Condicionantes de los Deslizamientos Rotacionales

- Litología
- Geomorfología
- Hidrogeología
- Cobertura Vegetal

#### Ponderación de los factores Condicionantes para D. Rotacionales

**Tabla 8. 15** Resumen de la ponderización de los parámetros y descriptores para la susceptibilidad a D. Rotacionales. Fuente Propia.

<b>PL</b>	<b>Litología</b>	<b>0.555</b>	
DL-01	Lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro	0.437	0.242
DL-02	Depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales, depósitos proluviales y depósitos deluviales	0.282	0.156
DL-03	Depósitos aluviales y depósitos biogénicos.	0.150	0.083
DL-04	Intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro	0.086	0.048
DL-05	Depósitos antrópicos y depósitos fluviales	0.046	0.025
<b>PG</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>0.264</b>	
DG-01	Colina alta fuertemente disectada, colina alta moderadamente disectada, colina baja fuertemente disectada y colina baja moderadamente disectada	0.497	0.131
DG-02	Fondo de valle bofedal, fondo de valle glaciar aluvial y altiplanicies allanadas	0.260	0.069
DG-03	Vertiente de montaña alta allanada, vertiente de montaña baja empinada, vertiente de montaña baja allanada, terraza estructural	0.137	0.036
DG-04	Terraza aluvial, terraza fluvial baja, terraza fluvial media, terraza fluvial alta, Vertiente de montaña baja disectada empinada y vertiente de montaña baja escarpada	0.070	0.018
DG-05	Fondo de valle aluvial, cima montañosa, cima colinosa y terraza antrópica	0.036	0.010
<b>PH</b>	<b>Hidrogeología</b>	<b>0.123</b>	
DH-01	Acuífero fluvio-glaciar, Acuífero biogénico y acuífero Paruro II	0.475	0.058
DH-02	Acuitardo Paruro I y Acuífero deluvial	0.252	0.031
DH-03	Acuitardo Aluvial, Coluvial, Antrópico y proluvial	0.155	0.019
DH-04	Acuitardo Soncco I y acuífero Soncco II	0.085	0.010
DH-05	Acuífero fluvial	0.033	0.004
<b>PCV</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>0.058</b>	
DCV-01	Humedales andinos	0.459	0.027
DCV-02	Matorral sub húmedo y pastizales	0.259	0.015
DCV-03	Antrópicos	0.150	0.009
DCV-04	Bosques macizos exóticos	0.086	0.005
DCV-05	Áreas desnudas	0.047	0.003
<b>R1</b>	$(PL*DL-01) + (PG*DG-01) + (PH*DH-01) + (PCV*DCV-01) =$	<b>0.459</b>	
<b>R2</b>	$(PL*DL-02) + (PG*DG-02) + (PH*DH-02) + (PCV*DCV-02) =$	<b>0.271</b>	
<b>R3</b>	$(PL*DL-03) + (PG*DG-03) + (PH*DH-03) + (PCV*DCV-03) =$	<b>0.147</b>	
<b>R4</b>	$(PL*DL-04) + (PG*DG-04) + (PH*DH-04) + (PCV*DCV-04) =$	<b>0.081</b>	
<b>R5</b>	$(PL*DL-05) + (PG*DG-05) + (PH*DH-05) + (PCV*DCV-05) =$	<b>0.042</b>	





## Niveles de Susceptibilidad para Deslizamientos Rotacionales

**Tabla 8. 16 Niveles de Susceptibilidad para Deslizamientos Rotacionales. Fuente Propia.**

Factores Condicionantes				TOTAL	NIVELES DE SUEPTIBILIDAD	
Geomorfología	Hidrogeología	Cobertura Vegetal	Litología		RANGO	NIVEL
0.555	0.264	0.123	0.058			
0.4365	0.4969	0.4751	0.4585	0.4585	0.2710 ≤ R < 0.4585	MUY ALTO
0.2816	0.2604	0.2518	0.2586	0.2710	0.1473 ≤ R < 0.2710	ALTO
0.1505	0.1366	0.1547	0.1503	0.1473	0.0814 ≤ R < 0.1473	MEDIO
0.0857	0.0698	0.0853	0.0856	0.0814	0.0418 ≤ R < 0.0814	BAJO
0.0458	0.0363	0.0330	0.0471	0.0418		

**Tabla 8. 17 Matriz de Niveles de Susceptibilidad para Deslizamientos Rotacionales. Fuente Propia.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO			NIVEL
MUY ALTO	Zona con presencia de lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro. Con respecto a su geomorfología presenta colinas altas fuertemente disectadas, colinas altas moderadamente disectadas, colinas bajas fuertemente disectadas y colinas bajas moderadamente disectadas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluvio-glaciares, acuíferos biogénicos y acuíferos Paruro II. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en humedales andinos.	0.2710	≤ R <	0.4585	MUY ALTO
ALTO	Zona con presencia de depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales, depósitos proluviales y depósitos deluviales. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle bofedal, fondos de valle glaciar aluvial y altiplanicies allanadas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitados Paruro I y acuíferos deluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en matorrales sub húmedos y pastizales.	0.1473	≤ R <	0.2710	ALTO
MEDIO	Zona con presencia de depósitos aluviales, depósitos biogénicos, intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro. Con respecto a su geomorfología presenta vertientes de montaña alta allanada, vertientes de montaña baja empinada, vertientes de montaña baja allanada, terrazas estructurales, terrazas aluviales, terrazas fluviales bajas, terrazas fluviales medias, terrazas fluviales altas, vertientes de montaña baja disectada empinada y vertientes de montaña baja escarpada. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitados aluviales, coluviales, antrópicos, proluviales, acuitados Soncco I y acuíferos Soncco II. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en zonas antrópicas y bosques macizos exóticos.	0.0814	≤ R <	0.1473	MEDIO
BAJO	Zona con presencia de depósitos antrópicos y depósitos fluviales. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, cimas montañosas, cimas colinosas y terrazas antrópicas. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas desnudas o sin vegetación	0.0418	≤ R <	0.0814	BAJO

### 8.4.5. Susceptibilidad a Deslizamientos Traslacionales

Los deslizamientos Traslacionales presentan una superficie plana, posiblemente un plano de debilidad preexistente, como una estratificación. o un contacto entre dos materiales diferentes, o una superficie estructural (Mapas: M-31 y M-32).

#### Factores Condicionantes de los Deslizamientos Traslacionales

- Litología
- Orientación de laderas
- Pendiente
- Hidrogeología
- Cobertura Vegetal



## Ponderación de los factores Condicionantes para D. Traslacionales

**Tabla 8. 18** Ponderación de los factores Condicionantes para D. Traslacionales. Fuente Propia.

PL	Litología	0.425	
DL-01	Intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro	0.417	0.177
DL-02	Lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro	0.272	0.116
DL-03	Depósitos fluvio-glaciares, depósitos coluviales, depósitos proluviales y depósitos deluviales	0.178	0.075
DL-04	Depósitos aluviales y depósitos biogénicos.	0.088	0.037
DL-05	Depósitos antrópicos y depósitos fluviales	0.045	0.019
POL	Orientación de laderas	0.284	
DOL-01	E-W	0.456	0.130
DOL-02	NE-NW	0.277	0.079
DOL-03	SE-SW	0.152	0.043
DOL-04	N-S	0.082	0.023
DOL-05	Llano	0.033	0.009
PP	Pendiente	0.184	
DP-01	$P > 75\%$	0.504	0.093
DP-02	$75\% \geq P \geq 50\%$	0.260	0.048
DP-03	$50\% \geq P \geq 15\%$	0.134	0.025
DP-04	$15\% \geq P \geq 4\%$	0.067	0.012
DP-05	$4\% \geq P \geq 0\%$	0.034	0.006
PH	Hidrogeología	0.074	
DH-01	Acuífero Paruro II	0.446	0.033
DH-02	Acuitardo Paruro I y Acuícludo deluvial	0.277	0.021
DH-03	Acuitardo Soncco I y acuífero Soncco II	0.156	0.012
DH-04	Acuitardo aluvial, coluvial, antrópico y proluvial	0.087	0.006
DH-05	Acuífero fluvial, acuífero fluvio-glaciario y Acuícludo biogénico	0.034	0.003
PCV	Cobertura Vegetal	0.033	
DCV-01	Áreas desnudas y pastizales	0.459	0.015
DCV-02	Bosques macizos exóticos	0.259	0.008
DCV-03	Humedales andinos	0.150	0.005
DCV-04	Antrópicos	0.086	0.003
DCV-05	Matorral sub húmedo	0.047	0.002
<b>R1</b>	$(PL*DL-01) + (POL*DOL-01) + (PP*DP-01) + (PH*DH-01) + (PCV*DCV-01) =$	<b>0.448</b>	
<b>R2</b>	$(PL*DL-02) + (POL*DOL-02) + (PP*DP-02) + (PH*DH-02) + (PCV*DCV-02) =$	<b>0.271</b>	
<b>R3</b>	$(PL*DL-03) + (POL*DOL-03) + (PP*DP-03) + (PH*DH-03) + (PCV*DCV-03) =$	<b>0.160</b>	
<b>R4</b>	$(PL*DL-04) + (POL*DOL-04) + (PP*DP-04) + (PH*DH-04) + (PCV*DCV-04) =$	<b>0.082</b>	
<b>R5</b>	$(PL*DL-05) + (POL*DOL-05) + (PP*DP-05) + (PH*DH-05) + (PCV*DCV-05) =$	<b>0.039</b>	

## Niveles de Susceptibilidad Deslizamientos Traslacionales

**Tabla 8. 19** Niveles de Susceptibilidad Deslizamientos Traslacionales. Fuente Propia.

Factores Condicionantes					TOTAL	NIVELES DE SUEPTIBILIDAD	
Litología	Orientación de Laderas	Pendiente	Hidrogeología	Cobertura Vegetal			
0.425	0.284	0.184	0.074	0.033		RANGO	NIVEL
0.4172	0.4560	0.5044	0.4461	0.4585	<b>0.4478</b>	0.2712 ≤ R < 0.4478	<b>MUY ALTO</b>
0.2724	0.2766	0.2602	0.2772	0.2586	<b>0.2712</b>	0.1598 ≤ R < 0.2712	<b>ALTO</b>
0.1777	0.1520	0.1337	0.1563	0.1503	<b>0.1598</b>	0.0824 ≤ R < 0.1598	<b>MEDIO</b>
0.0881	0.0823	0.0673	0.0867	0.0856	<b>0.0824</b>	0.0387 ≤ R < 0.0824	<b>BAJO</b>
0.0446	0.0330	0.0344	0.0337	0.0471	<b>0.0387</b>		



**Tabla 8. 20 Matriz de Niveles de Susceptibilidad Deslizamientos Traslacionales. Fuente Propia.**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO			NIVEL
<b>MUY ALTO</b>	Zona que presenta intercalación de areniscas con lutitas de la formación Soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación Paruro. Sus laderas tienen una dirección E-W. Presenta pendientes mayores a 75 %. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos Paruro I. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas desnudas y pastizales.	0.2712	$\leq R <$	0.4478	<b>MUY ALTO</b>
<b>ALTO</b>	Zona que presenta lutitas, limolitas y conglomerados de la formación Paruro. Sus laderas tienen una dirección NE-NW. Presenta pendientes entre 50% y 75 %. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Paruro I y acuíclados deluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en bosques macizos exóticos.	0.1598	$\leq R <$	0.2712	<b>ALTO</b>
<b>MEDIO</b>	Zona que presenta depósitos fluvioglaciares, depósitos coluviales, depósitos proluviales, depósitos deluviales, depósitos aluviales y depósitos biogénicos. Sus laderas tienen una dirección SE-SW y N-S. Presenta pendientes entre 4% y 50%. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuitardos Soncco I, acuíferos Soncco II, acuitardos aluviales, coluviales, antrópicos y proluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas antrópicas y humedales andinos.	0.0824	$\leq R <$	0.1598	<b>MEDIO</b>
<b>BAJO</b>	Zona que presenta en depósitos antrópicos y depósitos fluviales. Su ladera es llana. Presenta pendientes entre 0% y 4 %. Hidrogeológicamente es más susceptible en acuíferos fluviales, acuíferos fluvioglaciares y acuíclados biogénicos. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en matorrales sub húmedos.	0.0387	$\leq R <$	0.0824	<b>BAJO</b>

#### 8.4.6. Susceptibilidad a Movimientos Complejos

Un movimiento complejo, es el que desarrolla una combinación de uno o más tipos de movimientos en diferentes partes o en diferentes etapas de desarrollo de un movimiento.

#### 8.5. Análisis de la Peligrosidad

Después de revisar varias bibliografías hemos decidido hacer el análisis de la peligrosidad ponderizando, los mapas de susceptibilidad, los factores desencadenantes y las características de los fenómenos geodinámicos externos mapeados en el mapa de inventario de peligros.

##### 8.5.1. Factores Desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que intervienen en la zona de estudio son la precipitación y la sismicidad.

##### Análisis de la Precipitación

Como indica Suárez (2009) “Existen evidencias muy claras de la relación directa entre las lluvias y la ocurrencia de deslizamientos de tierra” (p.210). Nuestra zona de estudio no es ajena a esta realidad, se ha podido apreciar que, en los meses de mayor precipitación, los movimientos de tierra, son más frecuentes.

En el capítulo V hemos desarrollado el estudio de la precipitación basándonos en la regionalización de la precipitación por medio del método de regresión lineal, apoyándonos con los datos de las estaciones meteorológicas de Perayoc, Zurite, Paruro, Anta, Kayra y Yauri (Tabla 5.25 y Mapa: M-19).

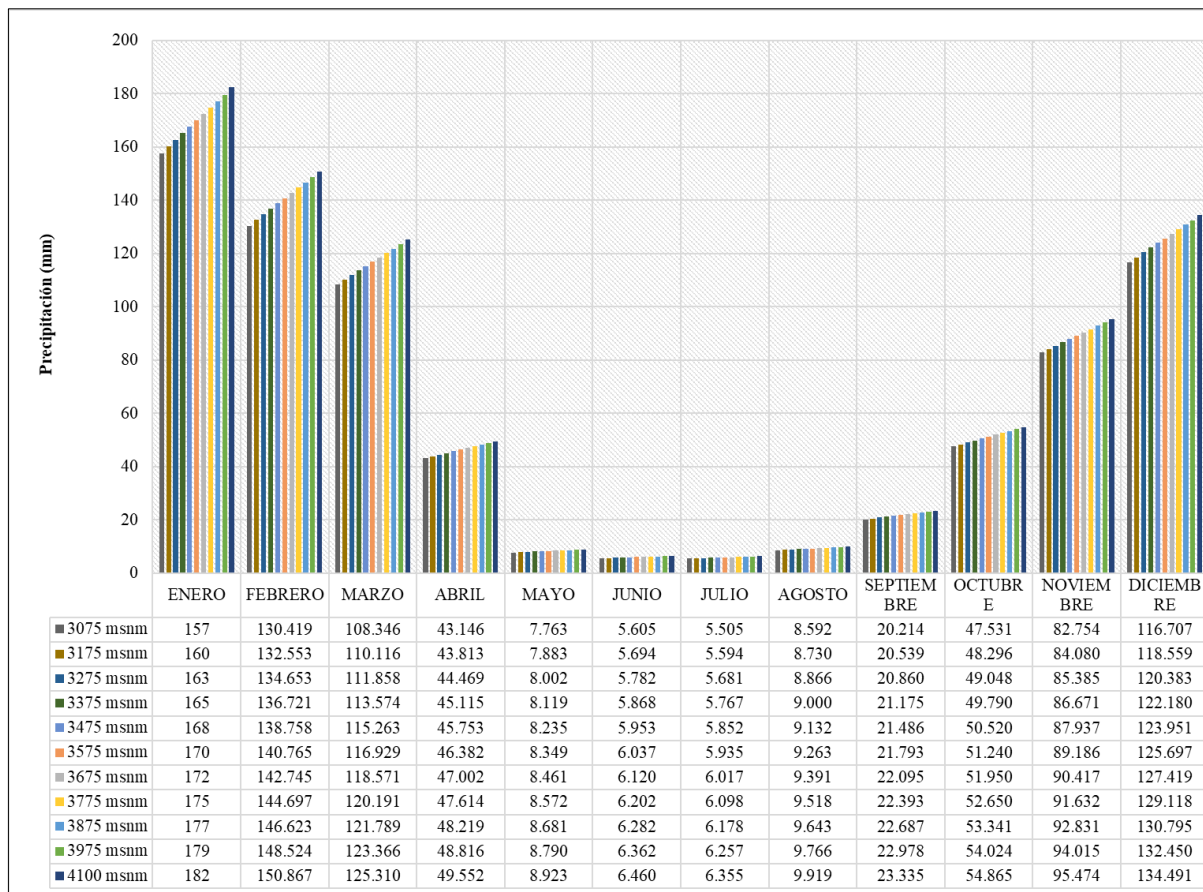
Como podemos apreciar en la Tabla 5.25 y en la Ilustración 8.2 los meses de mayor precipitación son los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre; de todos estos meses, el de mayor precipitación, es el de enero. Algo que también podemos ver, es que, a medida que la altitud crece, también crece la precipitación. En base a estos resultados podemos indicar que, hay una gran probabilidad de ocurrencia de peligros por movimientos de masa durante los meses antes mencionados y que esta probabilidad crece a medida que, aumenta la altitud.

##### Tipos de Lluvia

La precipitación tiene varias formas como se presenta en la naturaleza, llovizna, lluvia, escarcha, nieve, granizo, etc. para el análisis y ponderación como factor desencadenante sólo utilizaremos el concepto de lluvia, que son gotas de agua con un diámetro promedio de 0.5 mm. La lluvia puede ser:

- Ligera: cuando llega hasta una intensidad de 2.5 mm/h.
- Moderada: Cuando la intensidad está entre 2.5 mm/h hasta 7.6 mm/h.

➤ Fuerte: Cuando la intensidad está por encima de 7.6 mm



**Ilustración 8. 2** Resumen de la Precipitación por años y según la altitud. Fuente Propia.

## Análisis de la Sismicidad

Otro factor desencadenante de gran importancia es la sismicidad (los movimientos sísmicos). La sismicidad en zonas montañosas, con es el caso de la zona de estudio, suele ser alta. Como vimos en los capítulos II (Geomorfología) y capítulo IV (Geología Estructural), la carretera se encuentra en el altiplano, pero próximo al borde noreste de la cordillera occidental, entre las montañas Chinchay- Ichuloma (Ilustración 2.1), también se han podido apreciar fallas y pliegues de gran importancia a lo largo de toda la carretera. El levantamiento orogénico y la existencia de estructuras tectónicas es fruto de la actividad tectónica, que se lleva a cabo en las costas peruanas (Subducción de la placa tectónica de Nazca bajo la placa tectónica Sudamericana). Actualmente existe una gran actividad sísmica (Mapas: M-24).

“Los sismos que generalmente producen un mayor daño son los sismos relativamente superficiales” (Suárez, 2009, p.268), estos sismos están asociados a fallas regionales o locales. “Existen dos parámetros importantes para designar el tamaño y la fuerza de un sismo, la magnitud que mide la energía del sismo y la intensidad que valora los efectos en el sitio” (Suárez, 2009, p.268).

**Tabla 8. 21** Posibilidad de deslizamientos causados por sismos. Tomado de Suárez, 2009.

Magnitud del Sismo	Tipo de Deslizamiento Producido
4.0	Caídos de roca, deslizamientos de roca, caídos de suelo y alteración de masas de suelo.
4.5	Deslizamiento de traslación, rotación, y bloques de suelo.
5.0	Flujos de suelo, esparcimientos laterales, deslizamientos subacuáticos.
6.0	Avalanchas de roca.
6.5	Avalanchas de suelo.



## El Factor Antrópico

Las actividades humanas no planificadas de manera adecuada son otro factor desencadenante, la práctica de la agricultura con riegos inadecuados, la construcción de carreteras sin un adecuado análisis de estabilidad de los taludes, deforestaciones, etc. tienen una gran influencia en la activación de movimientos en masa o comúnmente conocidos como deslizamientos. En la carretera en estudio esto fue uno de los factores que activaron los deslizamientos, el ampliar la carpeta de rodadura ocasionó el activamiento de nuevos fenómenos, el reactivamiento de algunos ya estabilizados y el incremento de la magnitud de otros ya existentes.

### 8.5.2. Ponderación de los Factores Desencadenantes

Principales Factores Desencadenantes:

- Sísmicidad
  - Intensidades Sísmicas
- Precipitación
  - Lluvias Ligeras
  - Lluvias Moderadas
  - Lluvias Fuertes
- Acciones Antrópicas

**Tabla 8. 22** Ponderación de los Factores Desencadenantes. Fuente Propia.

Factores Desencadenantes	Sismicidad	Precipitación	Antrópico
Sismicidad	1.000	3	5
Precipitación	0.330	1.000	3
Antrópico	0.200	0.330	1.000
$\Sigma$	1.530	4.360	9.030
$1/\Sigma$	0.654	0.229	0.111

Factores Desencadenantes	Sismicidad	Precipitación	Antrópico	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Sismicidad	0.654	0.695	0.554	0.634	63%	1.951	3.077
Precipitación	0.216	0.229	0.336	0.260	26%	0.790	3.035
Antrópico	0.131	0.076	0.111	0.106	11%	0.318	3.012
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	100%		

$n$	3
$\lambda_{max}$	3.041
IC	0.021
IA	0.525
RC	0.039

Para matrices de 3x3 RC deben ser menores a 0.040, en este caso RC es 0.039, se valida la propuesta.

### Descriptores de la Sismicidad

**Tabla 8. 23** Ponderación de los descriptores de la sismicidad. Fuente Propia.

Intensidades Sísmicas	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Intensidad II	0.033	3%	0.207	6.243
Intensidad III	0.057	6%	0.345	6.078
Intensidad IV	0.094	9%	0.593	6.279
Intensidad V	0.153	15%	1.015	6.617
Intensidad VI	0.248	25%	1.706	6.886
Intensidad VII	0.414	41%		
$\Sigma$	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
<i>n</i>	6
<i>λ<sub>max</sub></i>	6.483
<i>IC</i>	0.097
<i>IA</i>	1.252
<i>RC</i>	<b>0.077</b>

Para matrices de 3x3 RC debe ser menor a 0.04, para matrices de 4x4 RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10, en este caso con un “n” igual a 6 RC es 0.077, se valida la propuesta.

### Descriptores de la Precipitación

**Tabla 8. 24** Ponderación de los descriptores de la precipitación. Fuente Propia.

Precipitación (Lluvias)	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
<i>Lluvias Fuertes</i>	0.540	54%	1.628	3.014
<i>Lluvias Moderadas</i>	0.297	30%	0.893	3.008
<i>Lluvias Ligeras</i>	0.163	16%	0.490	3.004
Σ	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
<i>n</i>	3
<i>λ<sub>max</sub></i>	3.009
<i>IC</i>	0.004
<i>IA</i>	0.525
<i>RC</i>	<b>0.008</b>

Para matrices de 3x3 RC debe ser menor a 0.04, para matrices de 4x4 RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10, en este caso con un “n” igual a 3, RC es 0.008, se valida la propuesta.

### Análisis de los Fenómenos Geodinámicos

El análisis de los fenómenos será en base a sus características observadas en campo, tales como actividad, velocidad y volumen, estos dos últimos nos permitirán analizar la intensidad de los fenómenos geodinámicos.

- Tipos de fenómenos geodinámicos:
  - Movimientos Complejos
  - Deslizamientos Rotacionales
  - Deslizamientos Traslacionales
  - Desprendimientos
  - Extensión Lateral
  - Flujos de Barro
  - Flujos de Detritos
- Actividad de los fenómenos geodinámicos (Tabla 1.9).
  - Activo- Activo
  - Activo- Suspendido
  - Reactivado
  - Latente
  - Inactivo
- Velocidad de los fenómenos geodinámicos (Tabla 1.10).

- Extremadamente rápida
  - Rápida
  - Moderada
  - Lenta
  - Muy Lenta
- Volúmen de los fenómenos geodinámicos (Tabla 8.46).
- Extremadamente Pequeño
  - Muy Pequeño
  - Pequeño
  - Mediano
  - Moderadamente Grande

**Tabla 8. 25** Clasificación de deslizamientos de acuerdo con su volumen. Tomado de Fell, 1994.

Clase de Tamaño por Volumen	Descripción del Tamaño	Volumen ( $m^3$ )
1	Extremadamente pequeño	< 500
2	Muy pequeño	500 a 5 000
3	Pequeño	5 000 a 50 000
4	Mediano	50 000 a 250 000
5	Medianamente grande	250 000 a 1 000 000
6	Muy grande	1 000 000 a 5 000 000
7	Extremadamente grande	> 5 000 000

### Ponderación de los Parámetros referente a Fenómenos Geodinámicos

**Tabla 8. 26** Ponderación de los Parámetros para los Fenómenos Geodinámicos. Fuente Propia.

Parámetros de los fenómenos geodinámicos	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Tipo de Fenómeno	0.466	47%	1.890	4.052
Actividad	0.277	28%	1.121	4.042
Velocidad	0.160	16%	0.644	4.017
Volumen	0.096	10%	0.384	4.015
$\Sigma$	0.466	47%	1.890	4.052

Relación de Consistencia	
$n$	4
$\lambda_{max}$	4.031
IC	0.010
IA	0.882
RC	0.012

RC para matrices de 4x4 debe ser menor de 0.08, como se puede apreciar, se cumple con la condición.

### Ponderación de los descriptores para los tipos de fenómenos.

**Tabla 8. 27** Ponderación de los descriptores para los tipos de fenómenos. Fuente Propia.

Fenómenos Geodinámicos	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Movimientos Complejos	0.351	35%	2.576	7.349
Deslizamientos Traslacionales	0.238	24%	1.750	7.367
Deslizamientos Rotacionales	0.159	16%	1.159	7.294
Flujos de Detritos	0.106	11%	0.757	7.173
Flujos de Barro	0.070	0.070	0.493	7.073
Desprendimientos	0.046	0.046	0.325	7.050
Extensión Lateral	0.032	0.032	0.226	7.107
$\Sigma$	1.000	100%		



Relación de Consistencia	
$n$	7
$\lambda_{max}$	7.202
$IC$	0.034
$IA$	1.341
$RC$	<b>0.025</b>

RC para matrices de 7x7 (> a 4x4) debe ser menor de 0.1, como se puede apreciar, se cumple con la condición.

### Ponderación de los descriptores de la actividad.

**Tabla 8. 28** Ponderación de los descriptores de la actividad. Fuente Propia.

Actividad	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Activo- Activo	0.434	43%	2.198	5.059
Activo- Suspendido	0.257	26%	1.302	5.069
Reactivado	0.157	16%	0.790	5.033
Latente	0.096	10%	0.480	5.009
Inactivo	0.056	6%	0.282	5.037
$\Sigma$	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
$n$	5
$\lambda_{max}$	5.041
$IC$	0.010
$IA$	1.115
$RC$	<b>0.009</b>

RC para matrices de 5x5 (> a 4x4) debe ser menor de 0.1, como se puede apreciar, se cumple con la condición.

### Ponderación de los descriptores de la velocidad.

**Tabla 8. 29** Ponderación de los descriptores de la velocidad. Fuente Propia.

Velocidad	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Extremadamente rápida	0.482	48%	2.442	5.068
Rápida	0.269	27%	1.355	5.036
Moderada	0.138	14%	0.695	5.026
Lenta	0.071	7%	0.355	5.022
Muy Lenta	0.040	4%	0.201	5.005
$\Sigma$	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
$n$	5
$\lambda_{max}$	5.031
$IC$	0.008
$IA$	1.115
$RC$	<b>0.007</b>

RC para matrices de 5x5 (> a 4x4) debe ser menor de 0.1, como se puede apreciar, se cumple con la condición.





## Ponderación de los descriptores del volumen.

Tabla 8. 30 Ponderación de los descriptores del volumen. Fuente Propia.

Volumen	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS/V
Extremadamente Pequeño	0.062	6%	0.314	5.035
Muy Pequeño	0.099	10%	0.495	5.023
Pequeño	0.161	16%	0.815	5.060
Mediano	0.262	26%	1.337	5.108
Moderadamente Grande	0.416	42%	2.129	5.115
$\Sigma$	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
<i>n</i>	5
$\lambda_{max}$	5.068
<i>IC</i>	0.017
<i>IA</i>	1.115
<i>RC</i>	0.015

RC para matrices de 5x5 (> a 4x4) debe ser menor de 0.1, como se puede apreciar, se cumple con la condición.

## Niveles de Peligrosidad por fenómenos geodinámicos externos

Para lograr una herramienta útil para la prevención y/o mitigación de los riesgos ocasionados por fenómenos geodinámicos externos, se ha unido todos los mapas de susceptibilidad. Con este mapa es con el que se realizó el mapa de Peligrosidad (Mapas: M-37 y M-38).

Tabla 8. 31 Niveles de Peligrosidad. Fuente Propia.

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO			NIVEL
<b>PELIGROSIDAD MUY ALTA</b>	Zonas con presencia de fenómenos naturales moderadamente grandes con volúmenes entre 250 000 a 5 000 000 $m^3$ , con una velocidad extremadamente rápida de $5 \times 10^3$ mm/s.f. (desplazamiento de 5 m/seg.) y un tipo de actividad activo-activo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses de enero, febrero y marzo donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy fuerte y fuerte (niveles VII y VI respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan movimientos complejos y deslizamientos traslacionales producidos por sismos mayores a 6.0 en la escala sismológica de Richter.	0.2677	$\leq P <$	0.4618	<b>PELIGROSIDAD MUY ALTA</b>
<b>PELIGROSIDAD ALTA</b>	Zonas con presencia de fenómenos naturales medianos con volúmenes entre 50 000 a 250 000 $m^3$ , con una velocidad rápida de $5 \times 10^{-1}$ mm/s.f. (desplazamiento de 1.8 m/seg.) y un tipo de actividad activo-suspendido. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses noviembre y diciembre donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel poco fuerte (nivel V en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan deslizamientos rotacionales y flujo de detritos producidos por sismos entre 4.5 y 5.0 en la escala sismológica de Richter.	0.1516	$\leq P <$	0.2677	<b>PELIGROSIDAD ALTA</b>
<b>PELIGROSIDAD MEDIA</b>	Zonas con presencia de fenómenos naturales pequeños a muy pequeños con volúmenes entre 500 a 50 000 $m^3$ , con una velocidad moderada a lenta de $5 \times 10^{-3}$ a $5 \times 10^{-5}$ mm/s.f. (desplazamiento de 13 m/mes a 1.6 m/año) y un tipo de actividad reactivado y latente. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias moderadas en los meses de abril, septiembre y octubre donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel moderado y leve (nivel IV y III respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan flujos de barro y desprendimientos producidos por sismos entre 4.0 y 5.0 en la escala sismológica de Richter.	0.0791	$\leq P <$	0.1516	<b>PELIGROSIDAD MEDIA</b>
<b>PELIGROSIDAD BAJA</b>	Zonas con presencia de fenómenos naturales extremadamente pequeños con volúmenes menores a 500 $m^3$ , con una velocidad muy lenta de $5 \times 10^{-7}$ mm/s.f. (desplazamiento de 16 mm/año) y un tipo de actividad inactivo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias ligeras en los meses de mayo, junio, julio y agosto donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy leve (nivel II respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan extensiones laterales producidos por sismos entre 5.0 en la escala sismológica de Richter.	0.0398	$\leq P <$	0.0791	<b>PELIGROSIDAD BAJA</b>



## **CAPITULO IX**

### **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD**



## 9.1. Generalidades

Teniendo como base el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales”, publicada por el CENEPRED el año 2014, podemos indicar que los “Factores” de la vulnerabilidad son: la exposición, la fragilidad y la resiliencia. Estos factores se analizan desde su magnitud social, económica y ambiental.

## 9.2. Análisis de elementos expuestos.

Se entiende por elementos expuestos al ser humano en si, como persona, y a sus medios de vida ubicadas en zonas de impacto de un fenómeno peligroso, ubicadas debido a decisiones y prácticas inadecuadas. “La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio” (CENEPRED, 2014, p.122).

### 9.2.1. Características Sociales

La característica social se refiere sobre todo a la población expuesta, para determinar este parámetro no hemos basado en los resultados “Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017” del Instituto Nacional de Estadística e Informática 2017 referida a la Provincia de Paruro. La data también ha sido elaborada en base a las encuestas realizadas en los sectores cercanos a la carretera como parte del ámbito de estudio.

### Población Total

La población total, a quienes afectaría los peligros que sucedan en el tramo de carretera en estudio de manera directa o indirecta, se estima en 15, 153 habitantes; y la población directa serian aquella que pudiera transitar por el sector por razones de trabajo o que circunstancialmente transiten, las cuales se calculan en un promedio de 500 por día.

**Tabla 9. 1** Población total por distritos de la provincia de Paruro, que se verían afectadas. Fuente: INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017.

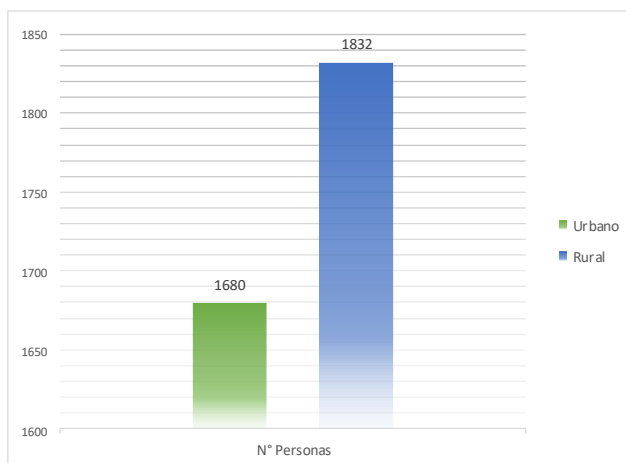
DISTRITO	Poblacion Censada 2017
Paruro	3512
Colcha	1335
Accha	3853
Omachá	6453
<b>TOTAL</b>	<b>15153</b>

### A. Población urbana y rural

En la provincia de Paruro el 34.18 % de la población es urbana y el 65.82% es rural. En el distrito de Paruro la población urbana es de 47.84% y la población rural es de 52.16% de la población total.

**Tabla 9. 2** Población absoluta y relativa por área urbana y rural, según distritos 2017. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito	Urbano		Rural	
	N° Personas	%	N° Personas	%
Paruro (Sector Ranraccasa - Ciudad de Paruro)	1680	47.84	1832	52.16
<b>Total :</b>	3512			



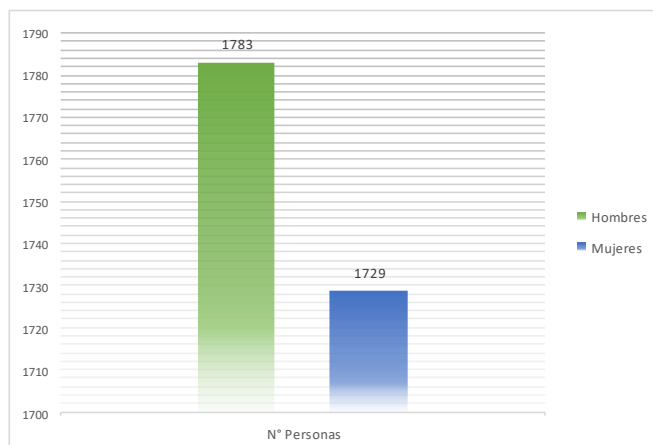
**Ilustración 9. 1** Características de la población total por área urbana y rural. Fuente Elaboración Propia.

### B. Población según sexo

La población de acuerdo al género en la provincia de Paruro es de 50.94 % de población masculina, y el 49.06% es de población femenina. En el distrito de Paruro, cuenta con una población de habitantes de 3512, de los cuales el 49.23% son mujeres y el 50.77% son varones, quienes representan la mayor cantidad de la población total. La pérdida de las personas es invalorable, no se puede medir.

**Tabla 9. 3** Población según sexo, según distritos 2017. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito	Hombres		Mujeres	
	N° Personas	%	N° Personas	%
Paruro (Sector Ranraccasa - Ciudad de Paruro)	1783	50.77	1729	49.23
<b>Total:</b>	3512			



**Ilustración 9. 2** Características de la población total según sexo. Fuente Elaboración Propia.

### C. Población según grupo etario

La población de la provincia de Paruro desde el censo del 2017 presenta una mayor población entre los habitantes de 0 a 14 años de edad, seguido de la población entre los 15 a 29 años de edad. El distrito de Paruro, se caracteriza por tener una población joven que oscila entre los 0 a 29 años que representa el 56.32% de la población total, que se convierte en una posibilidad de desarrollo de la zona, y solo el 4.21% de la población son mayores de 65 años.

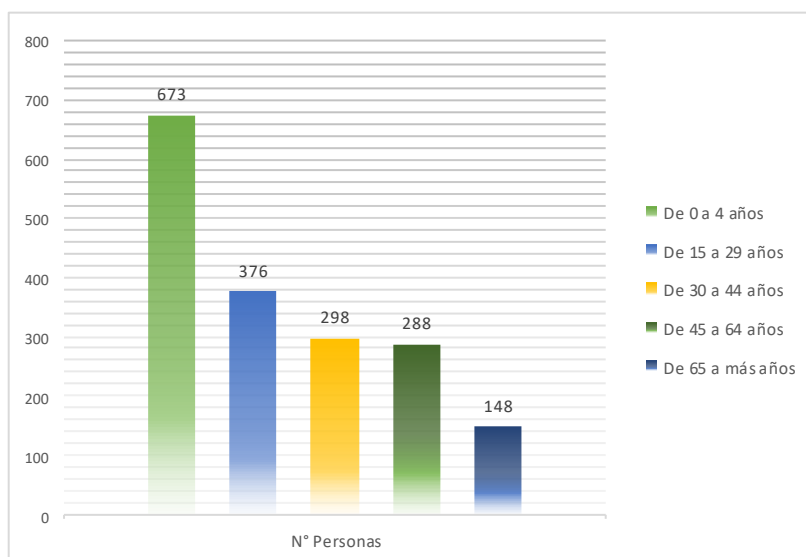
Asimismo, la población adulta que oscila entre 30 a 65 años de edad representa el 16.69% de la población total.





**Tabla 9. 4** Población por grupo etario, según distritos 2017. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Hombres	Mujeres	Total
	N° Personas	N° Personas	N° Personas
De 0 a 4 años	673	579	1252
De 15 a 29 años	376	350	726
De 30 a 44 años	298	336	634
De 45 a 64 años	288	266	554
De 65 a más años	148	198	346
<b>Total:</b>	<b>1783</b>	<b>1729</b>	<b>3512</b>



**Ilustración 9. 3** Características de la población total según grupo etario. Fuente Elaboración Propia

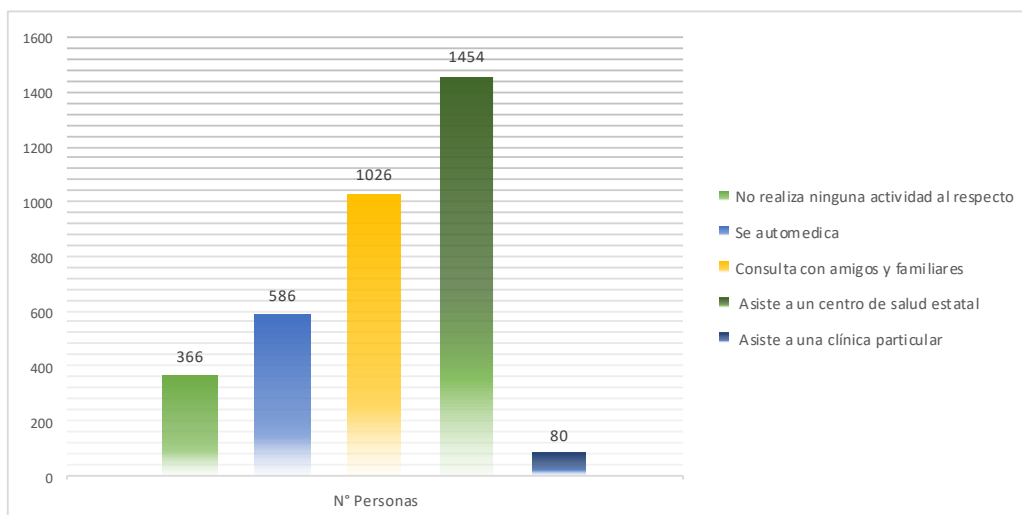
## Salud

La tasa de mortalidad infantil (TMI) es un indicador útil de la condición de la salud no solo de los niños, sino de toda la población y de las condiciones socioeconómicas en las que viven.

En el caso del distrito de Paruro, la TMI es de 22.2 por cada mil, incidencia menor a las de la provincia de Paruro (29.7 por cada mil). La mayoría de las veces, la comida en pequeñas cantidades, una deficiente calidad de los alimentos y la enfermedad guardan una relación directa con la desnutrición y sobre todo con la de menores de 5 años. Según los parámetros de la OMS, la desnutrición en el distrito de Paruro (22.2%) es mayor a la del promedio de la provincia (19.4%).

**Tabla 9. 5** Manera de tratar la salud de la población del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Personas	%
No realiza ninguna actividad al respecto	366	10.4214123
Se automedica	586	16.6856492
Consulta con amigos y familiares	1026	29.21412301
Asiste a un centro de salud estatal	1454	41.40091116
Asiste a una clínica particular	80	2.277904328
<b>Total:</b>	<b>3512</b>	<b>100</b>



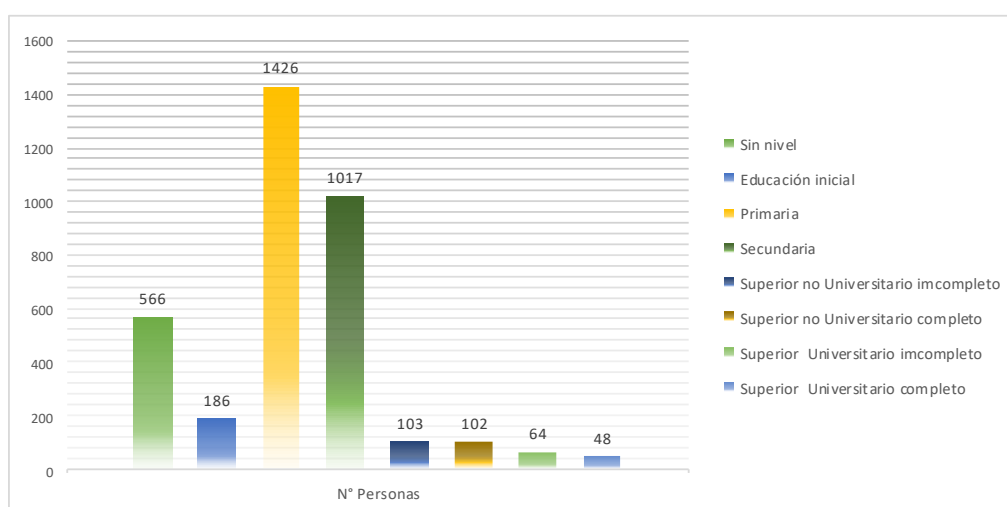
**Ilustración 9. 4** Manera de tratar la salud de la población del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

## Educación

Un análisis de la población del área de influencia, tomando como variable de análisis “los niveles educativos alcanzados por la población”, muestra que el 17.14% de los habitantes de la zona carecen de algún tipo de preparación educativa, el 2.6% de los habitantes de la zona lograron culminar el nivel de educación inicial, el 43.19% culminó el nivel educativo de primaria y El 27.77% de los habitantes terminó satisfactoriamente el nivel de secundaria. Tal y como se aprecia en el siguiente cuadro:

**Tabla 9. 6** Nivel educativo alcanzado por la población del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total		Grupo Etario							
	N° Personas	%	3 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	15 a 19 años	20 a 29 años	30 a 39 años	40 a 64 años	65 a más años
Sin nivel	566	16.11617312	138	31	2	2	18	30	156	189
Educación inicial	186	5.296127563	-	183	1	-	1	1	-	-
Primaria	1426	40.60364465	-	291	346	49	106	183	323	128
Secundaria	1017	28.95785877	-	-	150	360	140	134	217	16
Superior no Universitario incompleto	103	2.932801822	-	-	-	20	54	13	15	1
Superior no Universitario completo	102	2.904328018	-	-	-	-	45	31	17	9
Superior Universitario incompleto	64	1.822323462	-	-	-	4	18	16	24	2
Superior Universitario completo	48	1.366742597	-	-	-	-	9	16	22	1
<b>Total:</b>	<b>3512</b>	<b>100</b>	<b>138</b>	<b>31</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>156</b>	<b>189</b>



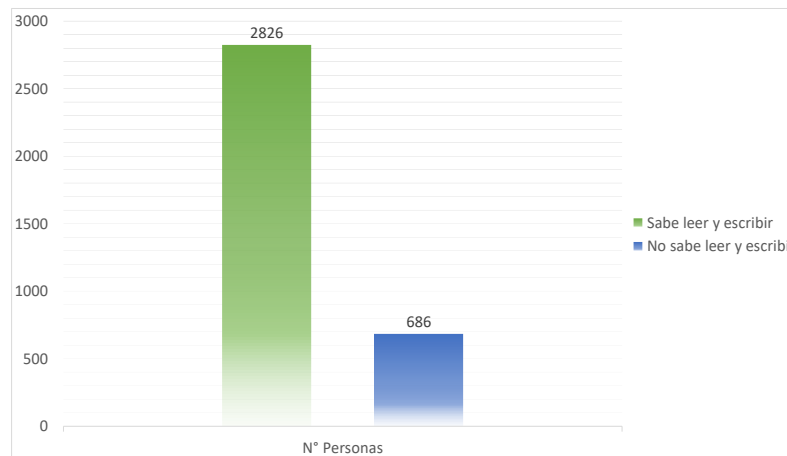
**Ilustración 9. 5** Nivel educativo alcanzado por la población del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

En el siguiente cuadro se procede a hacer un análisis sobre la tasa de analfabetismo que caracteriza a los habitantes de la zona de influencia.



**Tabla 9.7** Condición de alfabetismo de la población del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total		Grupo Etario							
	N° Personas	%	3 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	15 a 19 años	20 a 29 años	30 a 39 años	40 a 64 años	65 a más años
Sabe leer y escribir	2826	80.46697039	-	305	497	443	421	426	595	139
No sabe leer y escribir	686	19.53302961	-	183	1	-	1	1	10	20
<b>Total:</b>	<b>3512</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>305</b>	<b>497</b>	<b>443</b>	<b>421</b>	<b>426</b>	<b>595</b>	<b>139</b>



**Ilustración 9.6** Condición de alfabetismo de la población del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

### 9.2.2. Características Económicas

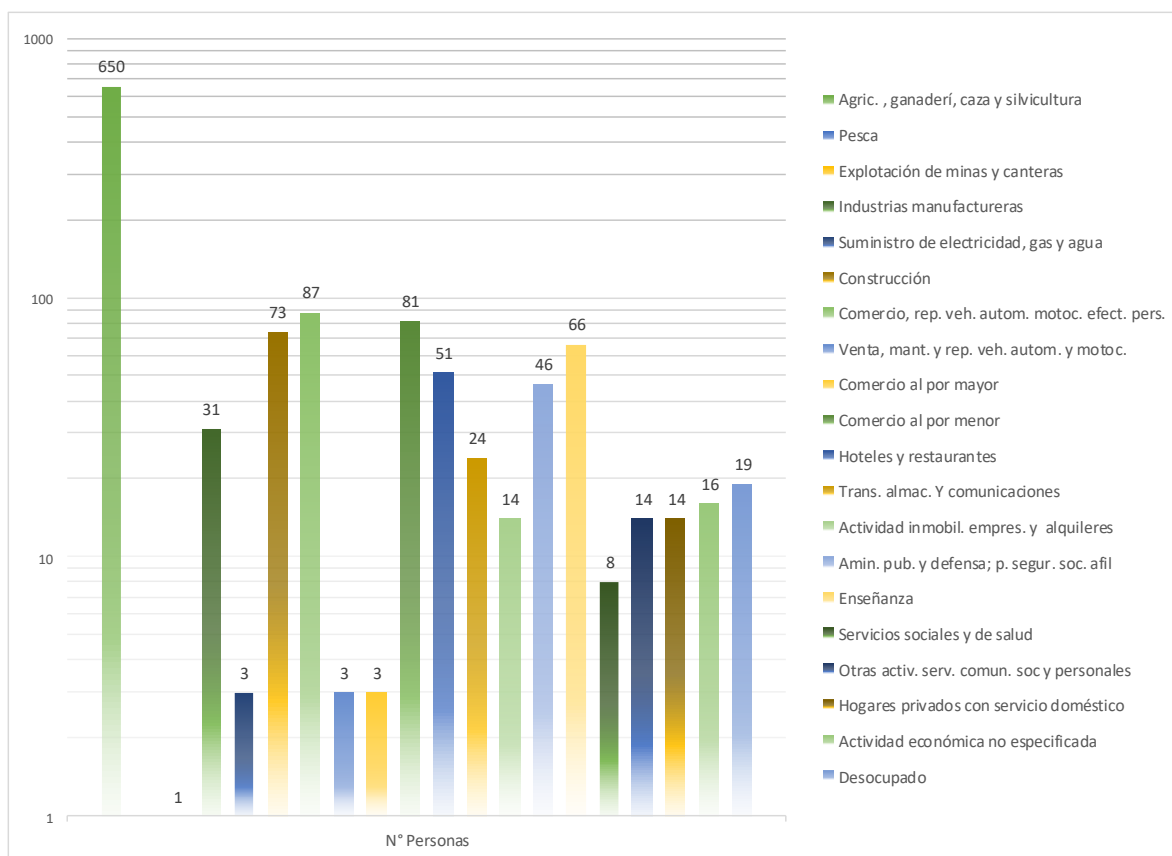
Los datos que se consignan a continuación fueron descargados del Resultados “Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017” del Instituto Nacional de Estadística e Informática 2017 que está referida al “Distrito de Paruro”. La data también ha sido elaborada en base a las encuestas realizadas en los sectores cercanos a la carretera como parte del ámbito de estudio.

#### Población económicamente activa

La actividad principal, en el sector rural en el piso de valle, está representando por la agricultura con el cultivo del maíz, hortalizas y otros cultivos, seguido por el comercio que en muchos casos lo hacen alternativamente.

**Tabla 9.8** Población económicamente activa de 14 y más años de edad, por categoría de ocupación, según departamento, provincia, área urbana y rural, sexo y rama de actividad económica. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda.

Distrito de Paruro	Total
	N° Personas
Agríc. , ganadería, caza y silvicultura	650
Pesca	0
Explotación de minas y canteras	1
Industrias manufactureras	31
Suministro de electricidad, gas y agua	3
Construcción	73
Comercio, rep. veh. autom. motoc. efect. pers.	87
Venta, mant. y rep. veh. autom. y motoc.	3
Comercio al por mayor	3
Comercio al por menor	81
Hoteles y restaurantes	51
Trans. almac. Y comunicaciones	24
Actividad inmo. empres. y alquileres	14
Amin. pub. y defensa; p. segur. soc. afil	46
Enseñanza	66
Servicios sociales y de salud	8
Otras activ. serv. comun. soc y personales	14
Hogares privados con servicio doméstico	14
Actividad económica no especificada	16
Desocupado	19
<b>Total:</b>	<b>1117</b>



**Ilustración 9. 7** Población económicamente activa de 14 y más años de edad, por categoría de ocupación, según departamento, provincia, área urbana y rural, sexo y rama de actividad económica. Fuente Elaboración Propia.

### Características de las Viviendas

El distrito de Paruro cuenta con 960 viviendas, siendo el material predominante adobe que corresponde al 77.60% del total de las viviendas; seguidamente también se tiene un porcentaje importante de edificaciones con estructuras de quincha caña con barro que corresponde al 14.58 % del total de las viviendas

El 98.13 % de las viviendas, tienen como material predominante en las paredes es de adobe o tapia, con techo de calamina, construidas provisionalmente.

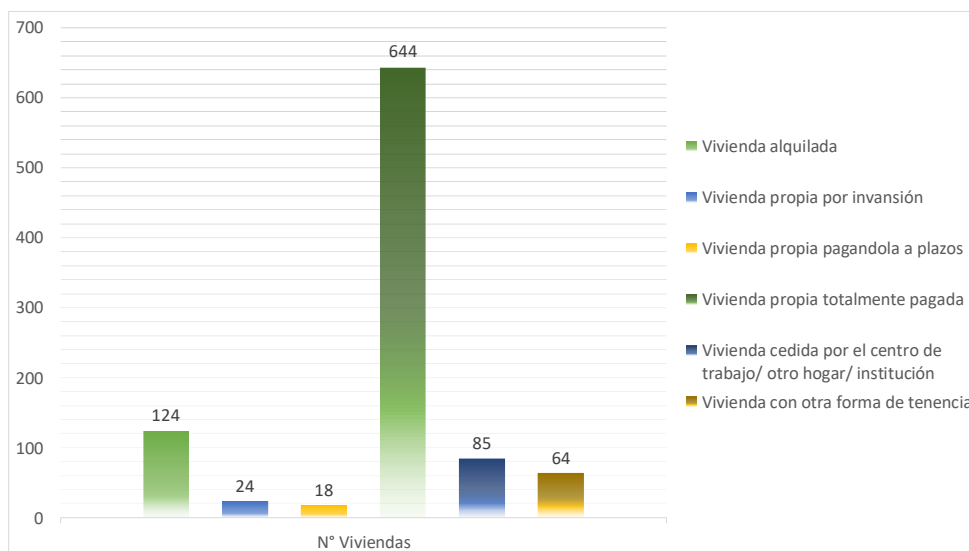
#### A. Propiedad de las Viviendas

Las viviendas en la zona de intervención del proyecto según el Censo Nacional 2017, el 67.1% cuentan con viviendas propias totalmente pagadas y 12.9 % son alquiladas. A continuación, mayores detalles en la siguiente tabla:

**Tabla 9. 9** Propiedad de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Vivienda alquilada	124	12.9
Vivienda propia por invasión	24	2.5
Vivienda propia pagandola a plazos	18	1.9
Vivienda propia totalmente pagada	644	67.1
Vivienda cedida por el centro de trabajo/ otro hogar/ institución	85	8.9
Vivienda con otra forma de tenencia	64	6.7
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>





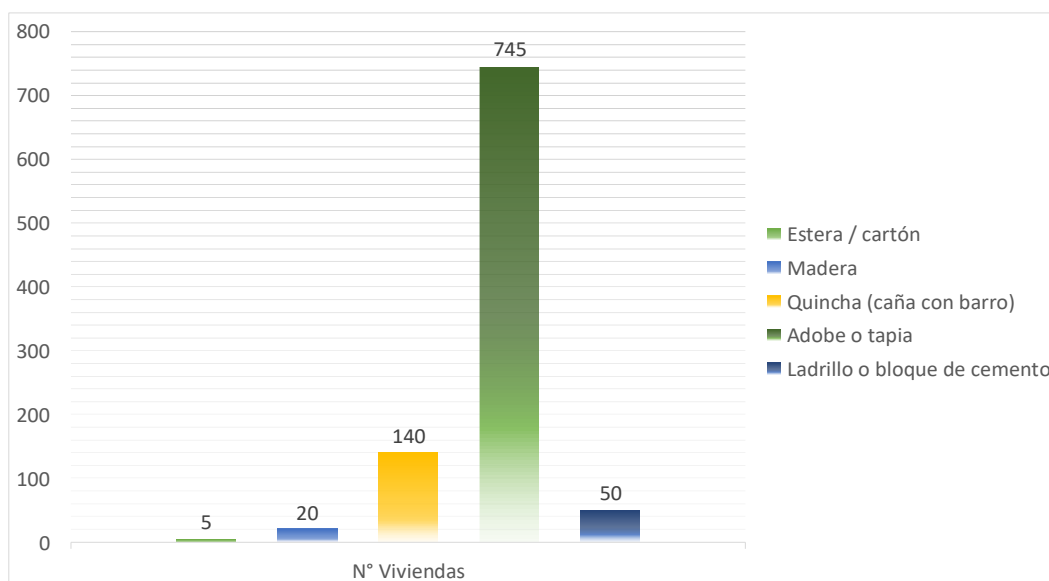
**Ilustración 9. 8** Propiedad de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

## B. Material de construcción de las Viviendas

El material más predominante en la construcción de las viviendas en la zona de influencia es el adobe o tapia con un 77.60%, en el siguiente cuadro podemos apreciar el material más a detalle según el material de construcción de las viviendas.

**Tabla 9. 10** Material de construcción de viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Estera / cartón	5	0.52
Madera	20	2.08
Quincha (caña con barro)	140	14.58
Adobe o tapia	745	77.60
Ladrillo o bloque de cemento	50	5.21
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



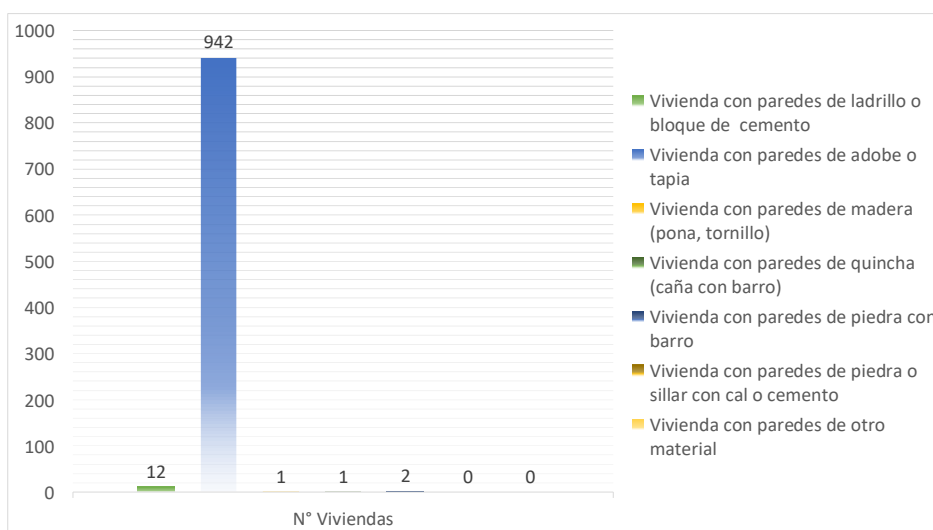
**Ilustración 9. 9** Material de construcción de viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

## C. Material de paredes de las Viviendas

El material más predominante en la construcción de las paredes en la zona de influencia es el adobe o tapia con un 98.00%, en el siguiente cuadro podemos apreciar el material de construcción de las paredes.

**Tabla 9. 11** Material de paredes de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Vivienda con pared es de ladrillo o bloque de cemento	12	1.25
Vivienda con pared es de adobe o tapia	942	98.13
Vivienda con pared es de madera (pona, tornillo)	1	0.10
Vivienda con pared es de quincha (caña con barro)	1	0.10
Vivienda con pared es de piedra con barro	2	0.21
Vivienda con pared es de piedra o sillar con cal o cemento	0	0.00
Vivienda con pared es de otro material	0	0.00
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



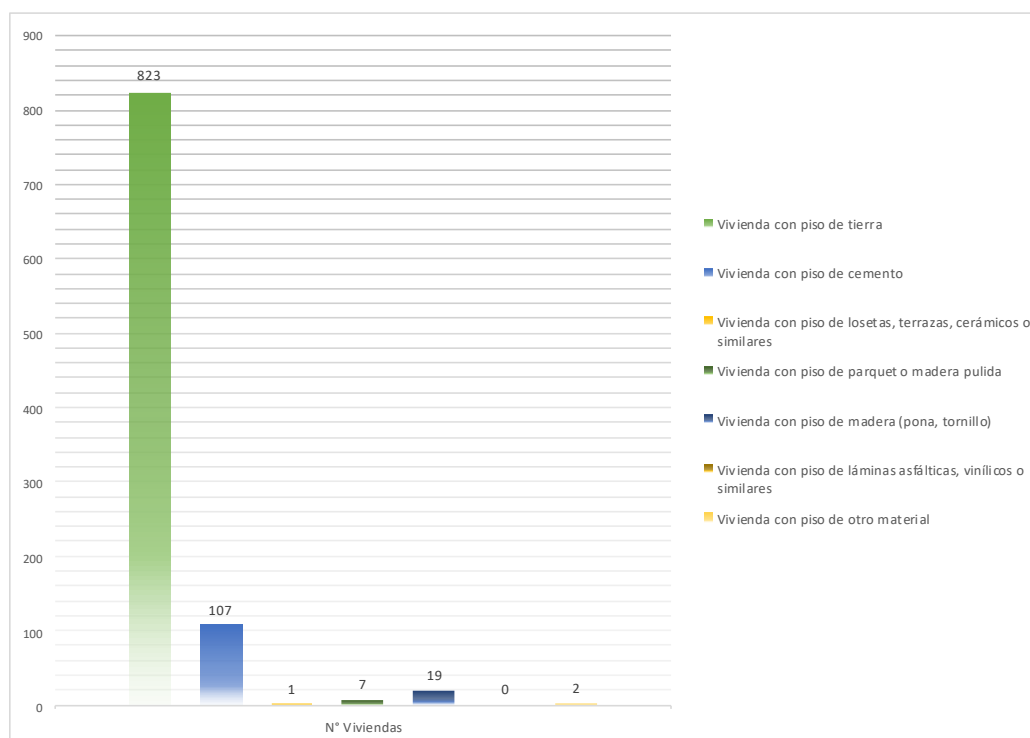
**Ilustración 9. 10** Material de paredes de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

#### D. Material de pisos de las Viviendas

Respecto al material del cual están hechos la construcción de los pisos de las viviendas de las localidades del área de influencia, el 87% de las viviendas se caracterizan por tener pisos de tierra, mayores detalles en el siguiente cuadro.

**Tabla 9. 12** Material de paredes de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Vivienda con piso de tierra	823	85.73
Vivienda con piso de cemento	107	11.15
Vivienda con piso de losetas, terrazas, cerámicos o similares	1	0.10
Vivienda con piso de parquet o madera pulida	7	0.73
Vivienda con piso de madera (pona, tornillo)	19	1.98
Vivienda con piso de láminas asfálticas, vinílicos o similares	0	0.00
Vivienda con piso de otro material	2	0.21
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



**Ilustración 9. 11** Material de paredes de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

## Servicios Básicos

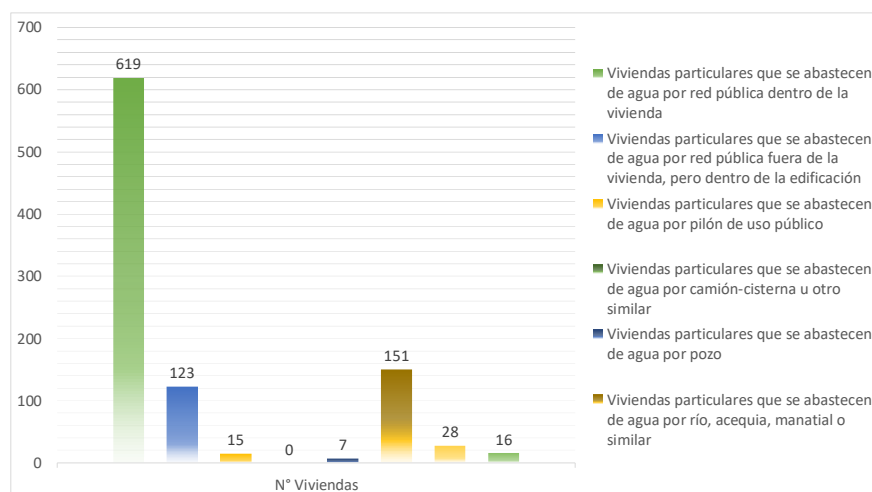
Como se viera anteriormente, se sabe que en la zona de influencia se halla habitada por un total de 3512 personas, las mismas que se alojan en un total de 960 viviendas las mismas que albergan a 878 familias. El siguiente análisis se desarrolla tomando en cuenta un total de 960 viviendas, dado que según los datos estadísticos del Censo de Población y Vivienda 2017.

### A. Abastecimiento de agua potable

El servicio de agua para el consumo humano en la zona de influencia se tiene el 62.16% de las viviendas cuentan con una red pública dentro de la vivienda, el 10.81% de las viviendas son captadas de los vecinos, el 9.46% son captadas de pozos y el 6.11% de la población accede al agua a través de ríos, acequias, manantiales el 11.05% cuentan con el sistema de abastecimiento de agua potable dentro de la vivienda.

**Tabla 9. 13** Acceso a agua potable de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Viviendas particulares que se abastecen de agua por red pública dentro de la vivienda	619	64.48
Viviendas particulares que se abastecen de agua por red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	123	12.81
Viviendas particulares que se abastecen de agua por pilón de uso público	15	1.56
Viviendas particulares que se abastecen de agua por camión-cisterna u otro similar	0	0.00
Viviendas particulares que se abastecen de agua por pozo	7	0.73
Viviendas particulares que se abastecen de agua por río, acequia, manatíal o similar	151	15.73
Viviendas particulares que se abastecen de agua por vecino	28	2.92
Viviendas particulares que se abastecen de agua por otro tipo	16	1.67
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



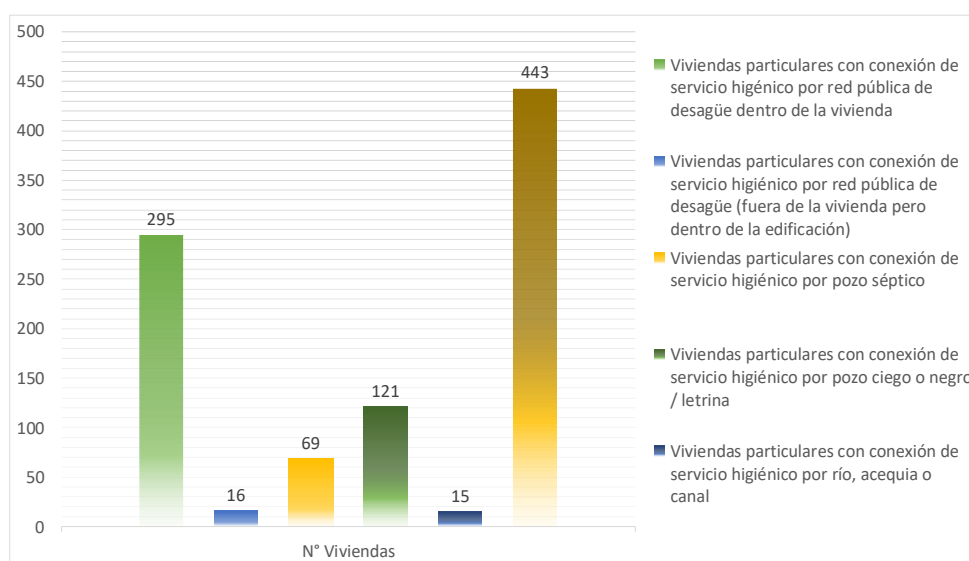
**Ilustración 9. 12 Acceso a agua potable de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.**

## B. Sistema de desagüe

El servicio de desagüe en la zona de influencia nos indica que el 46 % de la población vive sin el servicio lo cual indica que hay una insatisfacción del servicio, el 31.00 % de las viviendas acceden a este servicio y el 13 % de las viviendas acceden al servicio con servicio higiénico por pozo ciego como indica el siguiente cuadro:

**Tabla 9. 14 Acceso a servicio de desagüe de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.**

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Viviendas particulares con conexión de servicio higiénico por red pública de desagüe dentro de la vivienda	295	30.73
Viviendas particulares con conexión de servicio higiénico por red pública de desagüe (fuera de la vivienda pero dentro de la edificación)	16	1.67
Viviendas particulares con conexión de servicio higiénico por pozo séptico	69	7.19
Viviendas particulares con conexión de servicio higiénico por pozo ciego o negro / letrina	121	12.60
Viviendas particulares con conexión de servicio higiénico por río, acequia o canal	15	1.56
Viviendas particulares sin conexión de servicio higiénico	443	46.15
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



**Ilustración 9. 13 Acceso a servicio de desagüe de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.**

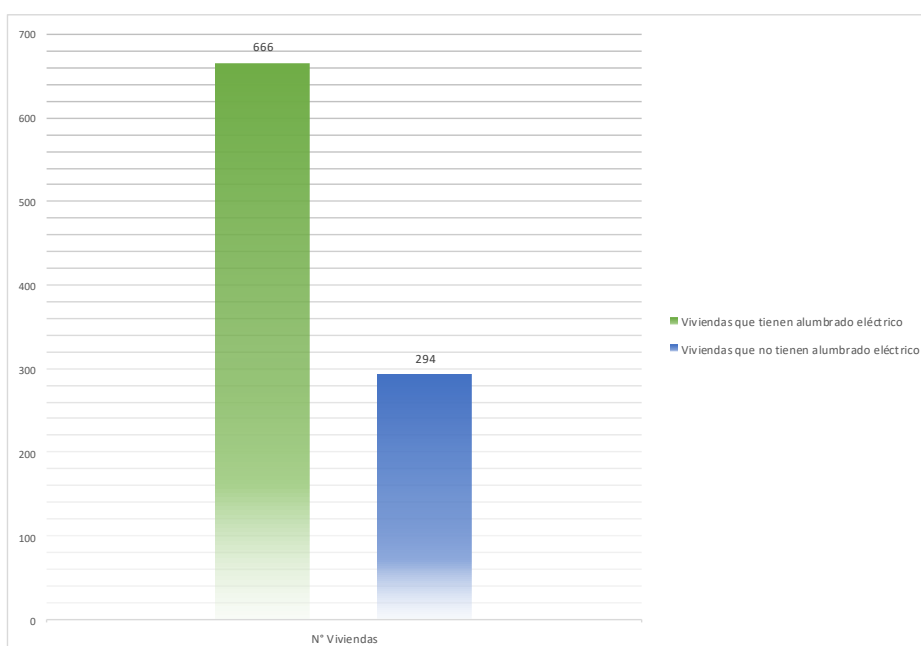


### C. Sistema de alumbrado

La cobertura según el censo 2017, en la zona de influencia el 69% de las viviendas cuentan con este servicio, mientras que el 31% de las viviendas no cuentan con este servicio, especialmente las viviendas de las zonas rurales.

**Tabla 9. 15** Acceso a servicio de alumbrado eléctrico de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente INEI -Resultados Definitivos del XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2017. Modificado por las encuestas realizadas en la zona de influencia.

Distrito de Paruro	Total	
	N° Viviendas	%
Viviendas que tienen alumbrado eléctrico	666	69.38
Viviendas que no tienen alumbrado eléctrico	294	30.63
<b>Total:</b>	<b>960</b>	<b>100</b>



**Ilustración 9. 14** Acceso a servicio de alumbrado eléctrico de las viviendas del distrito de Paruro. Fuente Elaboración Propia.

El uso de velas u otros, para tener un sistema de alumbrado en cada vivienda, expone considerablemente la seguridad de los habitantes de la zona; un mal manejo, así como el eventual descuido que se puede dar ante el manipuleo de estos por parte de los más pequeños del hogar, puede dar paso a tragedias más que alarmantes.

### 9.3. Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad del área de influencia de la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro (km 8+900 - 25+900), se consideró la dimensión Social, Económica y Ambiental. También cabe mencionar que se ha desarrollado por separado la metodología para determinar el nivel de vulnerabilidad para el análisis de la población que está involucrada en la zona de influencia, las áreas agrícolas y la vía asfaltada como infraestructura, como los elementos expuestos que los transitan.

El patrón de vulnerabilidad del área de estudio, identifica a la ocupación informal de terrenos para viviendas con corte urbano, sin tomar en cuenta y previsión de peligros, riesgos y limitaciones de los terrenos ocupados, que aunados a la falta de acciones de control urbano y fiscalización, sencillamente no existe planificación del territorio por parte de las entidades competentes.

Para efectos de análisis de la vulnerabilidad de elementos expuestos, se ha desarrollado la siguiente metodología:

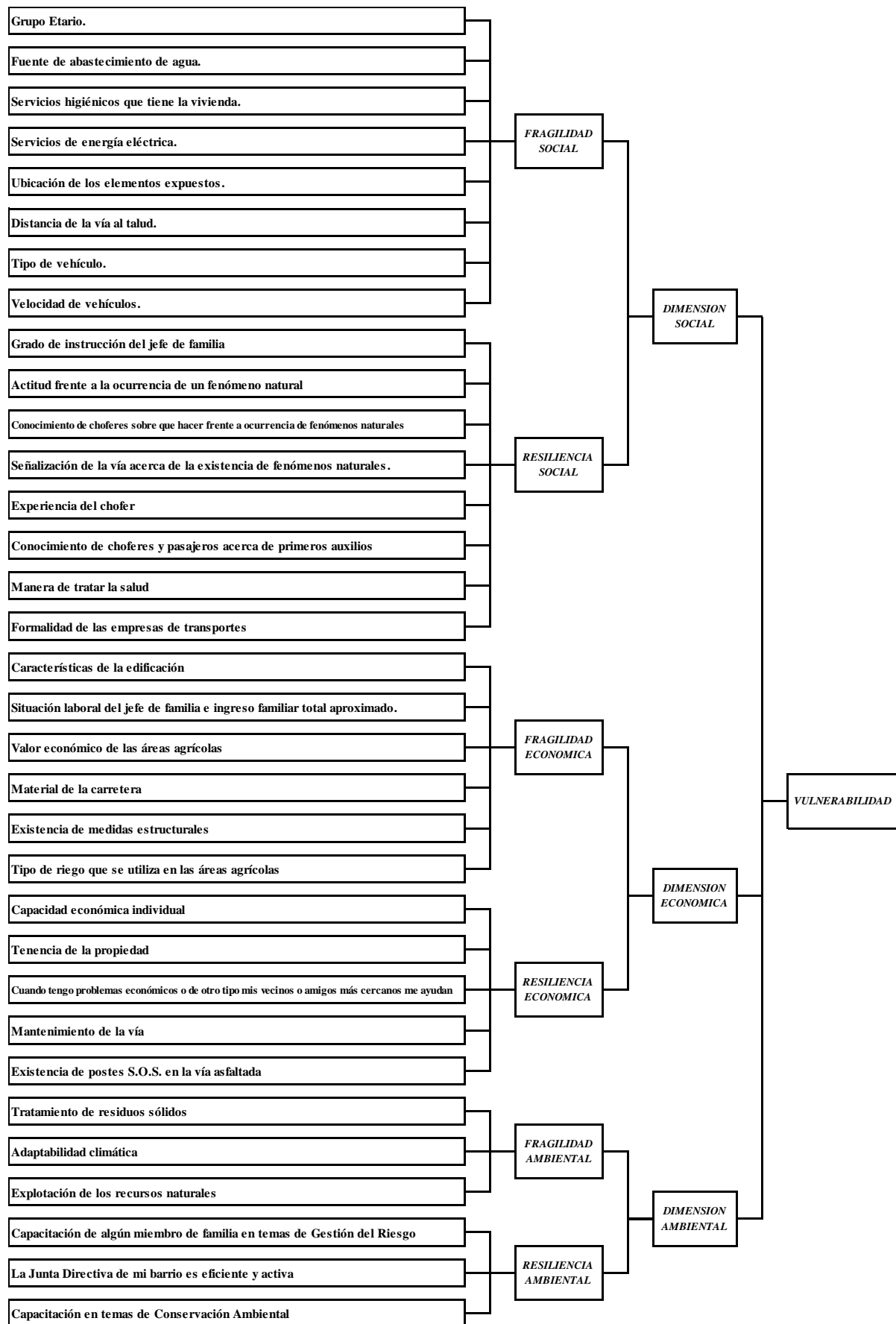


Ilustración 9. 15 Flujograma General del Análisis de la Vulnerabilidad. Elaboración Propia

Se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física y las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural. En el área de estudio se realizó el análisis de la vulnerabilidad en sus factores de fragilidad y resiliencia de acuerdo a la cuantificación de los elementos expuestos al peligro por geodinámica externa.

### 9.3.1. Ponderación de las dimensiones de la vulnerabilidad

**Tabla 9. 16** Ponderación de las dimensiones (factores) de la Vulnerabilidad. Modificado del CENEPRED, 2014.

Matriz de comparación de pares			
Dimensiones de la vulnerabilidad	Social	Económico	Ambiental
Social	1.000	2	3
Económico	0.500	1.000	2
Ambiental	0.330	0.500	1.000
$\Sigma$	1.830	3.500	6.030
$1/\Sigma$	0.546	0.286	0.166

Matriz de normalización							
Dimensiones de la vulnerabilidad	Social	Económico	Ambiental	Vector Priorización (V)	Porcentaje %	V. Suma Ponderado (VS)	VS / V
Social	0.546	0.571	0.503	0.540	54%	1.628	3.014
Económico	0.273	0.286	0.332	0.297	30%	0.893	3.008
Ambiental	0.180	0.143	0.166	0.163	16%	0.490	3.004
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	100%		

Relación de Consistencia	
<i>n</i>	3
$\lambda$ máx.	3.009
IC	0.004
IA	0.525
RC	0.008



Índice de Consistencia



Relación de Consistencia

La relación de consistencia fue de 0.008 menor a 0.04 (cuando se trata de una matriz de 3x3), validando la propuesta.

#### Dimensión social

En el análisis de la Dimensión Social se identificó los indicadores más relevantes de la población que habita en la zona media y baja de la quebrada y que contribuyen en la vulnerabilidad.

Se identificaron y seleccionaron descriptores o indicadores de evaluación agrupados en los parámetros, para los componentes de fragilidad y resiliencia; utilizando la tabla matricial Saaty logramos el peso ponderado de cada parámetro, el nivel de prioridad en la generación de la vulnerabilidad, el nivel de consistencia cuyo riesgo no debe ser mayor al 10% ( $RC < 0.1$ ) para ser válido el modelo, que se muestra en el siguiente gráfico.

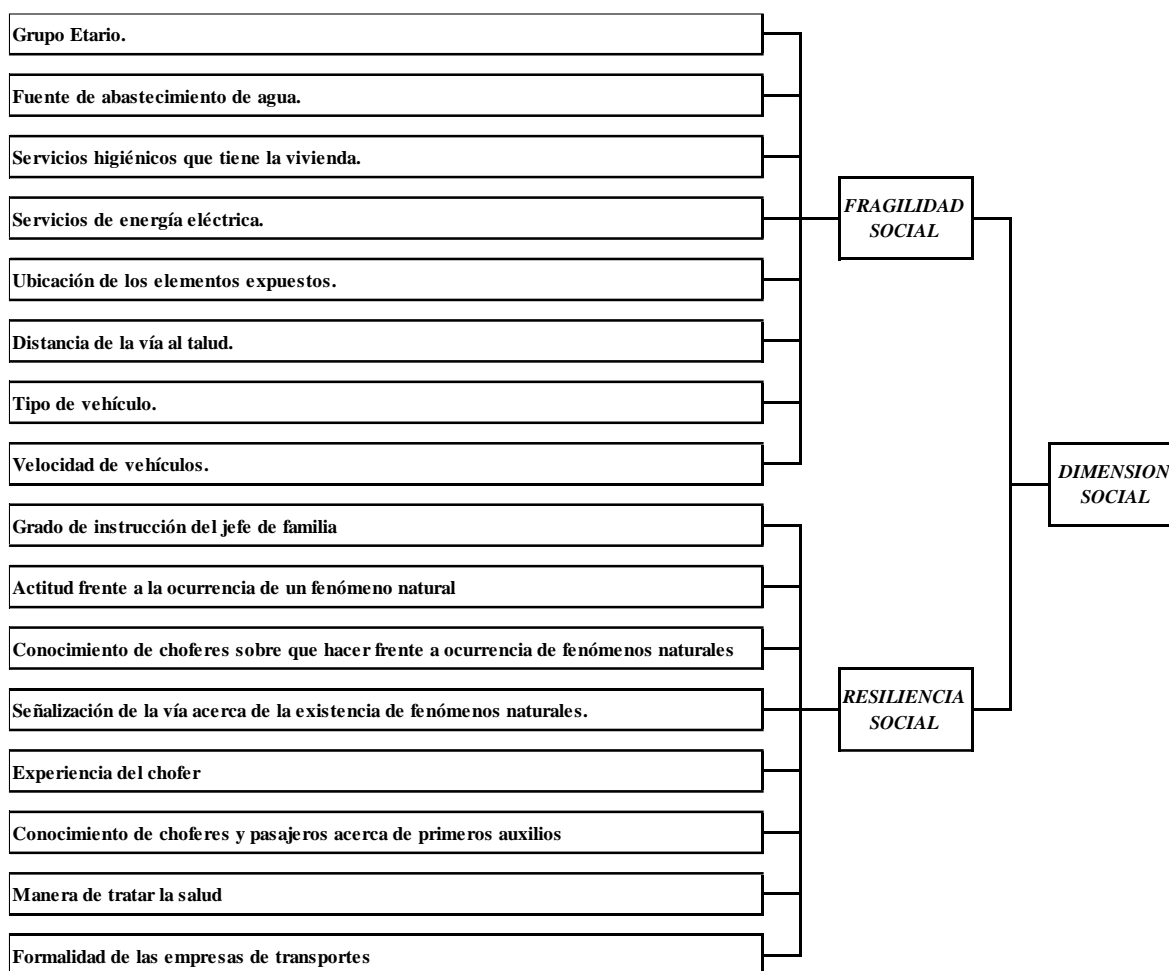


Ilustración 9. 16 Flujograma de la vulnerabilidad social. Fuente Propia.

### A. Análisis de la fragilidad social

Se trabajó con parámetros vinculados directamente con la población, la misma que se pondera siguiendo la metodología Saaty, interpretándose que las personas siempre son más importantes.

#### Ponderación de los descriptores para los parámetros de la fragilidad social

##### a) Grupo etario

Se consideró del grupo de edad más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que los menores 5 años y mayores a 65 años son los que necesitan atención prioritaria.

##### b) Fuente de abastecimiento de agua.

Se consideró los servicios higiénicos más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que los servicios higiénicos más vulnerables son los que carecen de estos, los que necesitan atención prioritaria.

##### c) Servicios higiénicos que tiene la vivienda.

Se consideró la fuente de abastecimiento de agua más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la fuente más vulnerable de agua son los que se abastecen del vecino, los que necesitan atención prioritaria.

##### d) Servicios de energía eléctrica.

Se consideró los servicios de energía eléctrica más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que el servicio de energía eléctrica más vulnerable son los que carecen de estos, los que necesitan atención prioritaria.





#### e) Ubicación de los elementos expuestos

Se consideró la ubicación de la vivienda más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la distancia más vulnerable son las viviendas que están menos de 20 metros del fenómeno natural, los que necesitan atención prioritaria.

#### f) Distancia de la vía al talud

Se consideró la distancia del talud a la vía más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la distancia más vulnerable son las que están menos de un metro del talud, los que necesitan atención prioritaria.

#### g) Tipo de Vehículo

Se consideró el tipo de vehículo más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que el tipo de vehículo más vulnerable son los vehículos de servicio público de transporte de pasajeros, los que necesitan atención prioritaria.

#### h) Velocidad de los Vehículos

Se consideró el tipo de vehículo más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que el tipo de vehículo más vulnerable son los vehículos de servicio público de transporte de pasajeros, los que necesitan atención prioritaria.

**Tabla 9. 17** Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Fragilidad Social. Fuente Propia.

<b>PGE</b>	<b>Grupo Etareo</b>	<b>0.304</b>	
DGE-01	De 0 a 5 años y mayor a 65 años.	0.462	0.140
DGE-02	De 6 a 12 años y de 60 a 64 años.	0.260	0.079
DGE-03	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años.	0.152	0.046
DGE-04	De 16 a 30 años.	0.076	0.023
DGE-05	De 31 a 49 años.	0.050	0.015
<b>PFA</b>	<b>Fuente de abastecimiento de agua</b>	<b>0.251</b>	
DFA-01	Vecino	0.391	0.098
DFA-02	Camión-cisterna u otro similar	0.294	0.074
DFA-03	Pilón de uso público	0.164	0.041
DFA-04	Red pública fuera de la vivienda	0.102	0.026
DFA-05	Red pública dentro de la vivienda (agua potable)	0.049	0.012
<b>PSSHH</b>	<b>Servicios higiénicos que tiene la vivienda</b>	<b>0.164</b>	
DSSHH-01	No tiene	0.449	0.073
DSSHH-02	Letrina	0.293	0.048
DSSHH-03	Pozo séptico	0.141	0.023
DSSHH-04	Red pública de desagüe fuera de la vivienda	0.071	0.012
DSSHH-05	Red pública de desagüe dentro de la vivienda	0.047	0.008
<b>PEE</b>	<b>Servicios de energía eléctrica</b>	<b>0.109</b>	
DEE-01	No cuenta con energía	0.396	0.043
DEE-02	Alumbrado con Panel Solar	0.299	0.033
DEE-03	Alumbrado con Generador Eléctrica	0.168	0.018
DEE-04	Red de energía publica fuera de la vivienda	0.083	0.009
DEE-05	Red de energía publica dentro de la vivienda	0.054	0.006
<b>PUEIEx</b>	<b>Ubicación del elemento expuesto</b>	<b>0.073</b>	
DUEIEx-01	$D < 20 \text{ m}$	0.393	0.029
DUEIEx-02	$20 \text{ m.} \leq D \leq 100 \text{ m.}$	0.296	0.022
DUEIEx-03	$100 \text{ m.} \leq D \leq 500 \text{ m.}$	0.166	0.012
DUEIEx-04	$500 \text{ m.} \leq D \leq 1000 \text{ m.}$	0.094	0.007
DUEIEx-05	$D > 1000 \text{ m.}$	0.051	0.004
<b>PDT</b>	<b>Distancia de la vía al talud</b>	<b>0.048</b>	
DDT-01	$D < 1 \text{ m.}$	0.459	0.022
DDT-02	$1 \text{ m.} \leq D \leq 3 \text{ m.}$	0.259	0.013



DDT-03	$3\text{ m.} \leq D \leq 4\text{ m.}$	0.150	0.007
DDT-04	$4\text{ m.} \leq D \leq 5\text{ m.}$	0.086	0.004
DDT-05	$D > 5\text{ m.}$	0.047	0.002
<b>PTV</b>	<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>0.031</b>	
DTV-01	Vehículos del servicio público de transporte de pasajeros	0.438	0.014
DTV-02	Vehículos de transporte público o privado de escolares	0.265	0.008
DTV-03	Automóviles, camionetas y motocicletas	0.155	0.005
DTV-04	Vehículos de transporte de mercancías peligrosas	0.092	0.003
DTV-05	Vehículos de carga	0.050	0.002
<b>PVV</b>	<b>Velocidad del vehículo</b>	<b>0.020</b>	
DVV-01	$V > 100\text{ km/h}$	0.393	0.008
DVV-02	$100\text{ km/h} \leq V \leq 90\text{ km/h}$	0.296	0.006
DVV-03	$90\text{ km/h} \leq V \leq 80\text{ km/h}$	0.166	0.003
DVV-04	$80\text{ km/h} \leq V \leq 70\text{ km/h}$	0.094	0.002
DVV-05	$V < 70\text{ km/h}$	0.051	0.001
<b>R1</b>	$PGE*DGE-01 + PFA*DFA-01 + PSSHH*DSSHH-01 + PEE*DEE-01 + PUEIEx*DUEIEx-01 + PDT*DDT-01 + PTV*DTV-01 + PVV*DVV-01 =$	<b>0.427</b>	
<b>R2</b>	$PGE*DGE-02 + PFA*DFA-02 + PSSHH*DSSHH-02 + PEE*DEE-02 + PUEIEx*DUEIEx-02 + PDT*DDT-02 + PTV*DTV-02 + PVV*DVV-02 =$	<b>0.282</b>	
<b>R3</b>	$PGE*DGE-03 + PFA*DFA-03 + PSSHH*DSSHH-03 + PEE*DEE-03 + PUEIEx*DUEIEx-03 + PDT*DDT-03 + PTV*DTV-03 + PVV*DVV-03 =$	<b>0.156</b>	
<b>R4</b>	$PGE*DGE-04 + PFA*DFA-04 + PSSHH*DSSHH-04 + PEE*DEE-04 + PUEIEx*DUEIEx-04 + PDT*DDT-04 + PTV*DTV-04 + PVV*DVV-04 =$	<b>0.085</b>	
<b>R5</b>	$PGE*DGE-05 + PFA*DFA-05 + PSSHH*DSSHH-05 + PEE*DEE-05 + PUEIEx*DUEIEx-05 + PDT*DDT-05 + PTV*DTV-05 + PVV*DVV-05 =$	<b>0.050</b>	

\*PGE = Parámetro Grupo Etéreo"

\*DGE-01 = Discriminante 01 del parámetro Grupo Etéreo

## B. Análisis de la resiliencia social

Se trabajó con parámetros vinculados a la capacidad de reacción de la población frente a las emergencias, el conocimiento del espacio territorial en el que uno fija su seguridad personal, económica es importante para tomar las medidas que en dichos momentos tengan el menor impacto.

### Ponderación de los descriptores para el parámetro resiliencia social

#### a) Grado de instrucción (Nivel de educación)

Se consideró al grupo más vulnerable, aquel que no tiene ningún estudio, vive el día a día sin participar de la solución de su organización de vivienda.

#### b) Actitud frente a la ocurrencia de un fenómeno natural

Se consideró la actitud frente a la ocurrencia de un fenómeno natural más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la actitud más vulnerable son los que no conocen zonas seguras, los que necesitan atención prioritaria.

#### c) Conocimiento de choferes sobre que hacer frente a ocurrencia de fenómenos naturales

Se consideró el conocimiento de choferes sobre que hacer frente a ocurrencia de fenómenos naturales más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que los más vulnerables son los que no conocen que es un fenómeno natural ni sabe qué hacer ante la ocurrencia de estos e ignora la evacuación, los que necesitan atención prioritaria.

#### d) Señalización de la vía acerca de la existencia de fenómenos naturales

Se consideró desde la señalización de la vía más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la señalización más vulnerable son las vías sin señalización, los que necesitan atención prioritaria.



**e) Experiencia del chofer**

Se consideró la experiencia del chofer más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la experiencia más vulnerable son los conductores que tienen menos de un año de experiencia, los que necesitan atención prioritaria.

**f) Conocimiento de choferes y pasajeros acerca de primeros auxilios**

Se consideró desde la señalización de la vía más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la señalización más vulnerable son las vías sin señalización, los que necesitan atención prioritaria.

**g) Manera de tratar la salud**

Se consideró la manera de tratar la salud más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la manera de tratar la salud más vulnerable son los que no realizan ninguna actividad al respecto, los que necesitan atención prioritaria.

**h) Formalidad de las empresas de transportes**

Se consideró desde la señalización de la vía más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que la señalización más vulnerable son las vías sin señalización, los que necesitan atención prioritaria.

**Tabla 9. 18** Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Resiliencia Social. Fuente Propia.

<b>PNE</b>	<b>Grado de instrucción (Nivel de Educación)</b>	<b>0.328</b>	
DNE-01	Ningún grado de estudio o inicial	0.510	0.167
DNE-02	Primaria	0.232	0.076
DNE-03	Secundaria	0.137	0.045
DNE-04	Superior técnica	0.079	0.026
DGE-05	Universitaria	0.043	0.014
<b>PA</b>	<b>Actitud frente a la ocurrencia de un fenómeno natural</b>	<b>0.227</b>	
DA-01	No conoce zonas seguras	0.406	0.092
DA-02	No sale de la vivienda	0.254	0.058
DA-03	Sale de la vivienda	0.184	0.042
DA-04	Se ubica en columnas o muros de contención	0.101	0.023
DA-05	Conoce Zonas Seguras	0.055	0.012
<b>PCCH</b>	<b>Conocimiento de choferes sobre que hacer frente a ocurrencia de fenómenos naturales</b>	<b>0.156</b>	
DCCH-01	No conoce que es un fenómeno natural ni sabe qué hacer ante la ocurrencia de estos e ignora la evacuación	0.459	0.072
DCCH-02	No conoce que es un fenómeno natural ni sabe qué hacer ante la ocurrencia de estos, pero se preocupa por evacuar	0.259	0.040
DCCH-03	No sabe diferenciar entre los diferentes tipos de fenómenos naturales	0.150	0.023
DCCH-04	Tiene conocimientos sobre fenómenos naturales, pero no sabe qué hacer ante la ocurrencia de estos	0.086	0.013
DCCH-05	Tiene conocimientos sobre fenómenos naturales y sabe qué hacer ante la ocurrencia de estos	0.047	0.007
<b>PS</b>	<b>Señalización de la vía acerca de la existencia de fenómenos naturales</b>	<b>0.108</b>	
DS-01	No existe señalización	0.459	0.049
DS-02	Existe señalización vial, pero no advierte la existencia de fenómenos naturales	0.259	0.028
DS-03	Existe señalización vial, advierte la existencia de fenómenos naturales, pero no está en buen estado o no es muy visible.	0.150	0.016
DS-04	Existe señalización vial, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones. Pero no da tiempo suficiente para responder adecuadamente	0.086	0.009
DS-05	Existe señalización vial, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones. Da tiempo suficiente para responder adecuadamente	0.047	0.005
<b>PEXCh</b>	<b>Experiencia del chofer</b>	<b>0.073</b>	
DExCh-01	Exp. < 1 año	0.417	0.031
DExCh-02	1 año ≤ Exp ≤ 3 años	0.262	0.019
DExCh-03	3 años ≤ Exp ≤ 4 años	0.161	0.012
DExCh-04	4 años ≤ Exp ≤ 5 años	0.098	0.007
DExCh-05	> 5 años	0.062	0.005
<b>PCAX</b>	<b>Conocimiento de choferes y pasajeros acerca de primeros auxilios</b>	<b>0.050</b>	
DCAX-01	Desconoce sobre temas de primeros auxilios	0.459	0.023
DCAX-02	Tiene conocimientos sobre primeros auxilios, pero nunca lo aplicó con ninguna persona	0.259	0.013
DCAX-03	Tiene conocimientos sobre primeros auxilios, aplicó una a dos veces con familiares o amigos	0.150	0.007
DCAX-04	Tiene conocimientos sobre primeros auxilios, aplicó mas de dos veces con familiares o amigos	0.086	0.004



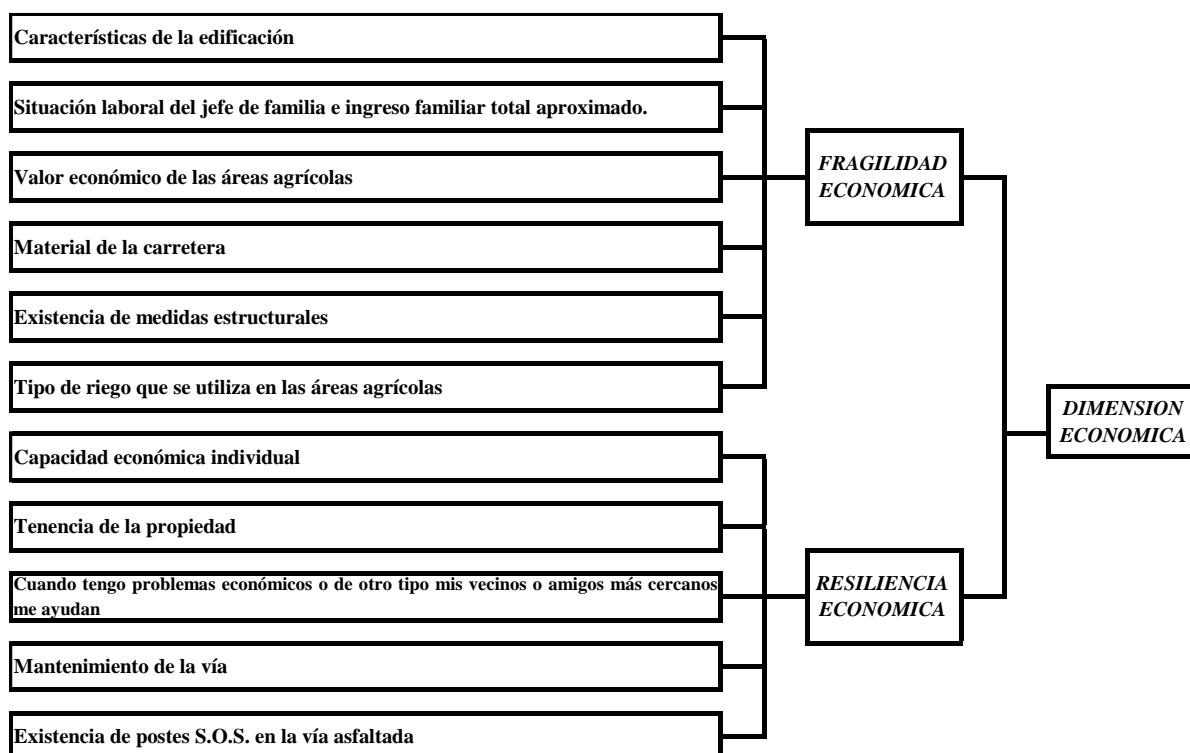
DCAX-05	Tiene conocimientos sobre primeros auxilios y está en constante práctica. Tiene la práctica de un paramédico.	0.047	0.002
<b>PTrS</b>	<b>Manera de tratar la salud</b>	<b>0.034</b>	
DTrS-01	No realiza ninguna actividad al respecto	0.438	0.015
DTrS-02	Se automedica	0.265	0.009
DTrS-03	Consulta con amigos y familiares	0.155	0.005
DTrS-04	Asiste a un centro de salud estatal	0.092	0.003
DTrS-05	Asiste a una clínica particular	0.050	0.002
<b>PF</b>	<b>Formalidad de las empresas de transportes</b>	<b>0.024</b>	
DF-01	Transporte informal	0.460	0.011
DF-02	Transporte formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad como cinturones de seguridad en todos los asientos ni con botiquín de primeros auxilios	0.258	0.006
DF-03	Transporte formal que solo cuenta con botiquín de primeros auxilios, pero no tiene cinturones de seguridad en todos los asientos	0.150	0.004
DF-04	Transporte formal que cuentan con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos. Pero tiene el seguro vencido	0.085	0.002
DF-05	Transporte formal que cuentan con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos. El seguro esta habilitada.	0.047	0.001
<b>R1</b>	$PNE*DNE-01 + PA*DA-01 + PCCH*DCCH-01 + PS*DS-01 + PExCh*DExCh-01 + PCAX*DCAX-01 + PTrS*DTrS-01 + PF*DF-01 =$	<b>0.460</b>	
<b>R2</b>	$PNE*DNE-02 + PA*DA-02 + PCCH*DCCH-02 + PS*DS-02 + PExCh*DExCh-02 + PCAX*DCAX-02 + PTrS*DTrS-02 + PF*DF-02 =$	<b>0.249</b>	
<b>R3</b>	$PNE*DNE-03 + PA*DA-03 + PCCH*DCCH-03 + PS*DS-03 + PExCh*DExCh-03 + PCAX*DCAX-03 + PTrS*DTrS-03 + PF*DF-03 =$	<b>0.155</b>	
<b>R4</b>	$PNE*DNE-04 + PA*DA-04 + PCCH*DCCH-04 + PS*DS-04 + PExCh*DExCh-04 + PCAX*DCAX-04 + PTrS*DTrS-04 + PF*DF-04 =$	<b>0.088</b>	
<b>R5</b>	$PNE*DNE-05 + PA*DA-05 + PCCH*DCCH-05 + PS*DS-05 + PExCh*DExCh-05 + PCAX*DCAX-05 + PTrS*DTrS-05 + PF*DF-05 =$	<b>0.049</b>	

\*PNE = Parámetro Grado de instrucción (Nivel de Educación)

\*DNE-01 = Discriminante 01 del parámetro Grado de instrucción (Nivel de Educación)

### Dimensión económica

En el análisis de la dimensión económica se consideró los parámetros referidos a la fragilidad, donde se estableció las características físicas de las viviendas, el estado de conservación, cumplimiento de las normas técnicas de edificación y los riesgos de los cultivos, forestación y reforestación al constituir una actividad que influye en la canasta familiar. El componente de la resiliencia está vinculado a la organización y el ingreso familiar promedio.



**Ilustración 9. 17** Flujograma de la vulnerabilidad económica. Fuente Propia.





## **Análisis de la fragilidad económica**

Se trabajó con parámetros interpretándose que el material de construcción influye en la seguridad de las personas y sus medios de vida, mayormente constituye el mayor capital de vida que nadie está dispuesto a perder. Sin embargo, la disponibilidad económica podría constituir una barrera que decide el menor costo, afrontando mayores riesgos.

### **Ponderación de los descriptores para el parámetro fragilidad económica.**

#### **a) Material de construcción de la edificación**

La construcción de una vivienda de adobe en forma precaria es la más vulnerable a sufrir daños, incrementándose esta situación si no cuenta con una cimentación adecuada según las condiciones topográficas, entre otras y constituyendo el referente para su valoración que se muestra en la siguiente matriz.

#### **b) Estado de conservación de la vivienda**

Las edificaciones adecuadamente mantenidas son menos frágiles a un fenómeno natural, mejor si es habitada. En el trabajo de campo se pudo observar que el 70% de ellas son propias, pero en inadecuadas condiciones de operatividad, los dueños trabajan en diversas actividades agrícolas.

#### **c) Situación laboral del jefe de familia**

La situación laboral del jefe de familia con trabajo estable es menos frágil a un fenómeno natural, ya que si cuentan con un trabajo estable puede mejorar las condiciones de su vivienda y estar menos vulnerables a la ocurrencia de un fenómeno natural.

#### **d) Ingreso familiar total aproximado**

Este parámetro considera el ingreso mensual de las personas de acuerdo a la situación laboral en la que se encuentran, también llamado como población económicamente activa (PEA).

#### **e) Valor económico de las áreas agrícolas**

Se consideró desde el valor económico de las áreas agrícolas más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que los cultivos de quinua son más vulnerables económicamente, los que necesitan atención prioritaria.

#### **f) Material de la carretera**

Se consideró desde el material de carretera más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que el material de carretera más vulnerable es la trocha carrozable, los que necesitan atención prioritaria.

#### **g) Existencia de medidas estructurales**

Se consideró desde las medidas estructurales más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que cuando no existen medidas estructurales son más vulnerables, los que necesitan atención prioritaria.

#### **h) Tipo de riego que se utiliza en las áreas agrícolas**

Se consideró desde el tipo de riego de las áreas agrícolas más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que el tipo de riego más vulnerable económicamente es el riego por tendido, los que necesitan atención prioritaria.



**Tabla 9. 19** Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Fragilidad Económica. Fuente Propia.

<b>PMC</b>	<b>Material de construcción de la edificación</b>	<b>0.328</b>	
DMC-01	Estera / cartón.	0.474	0.156
DMC-02	Madera.	0.219	0.072
DMC-03	Quincha (caña con barro).	0.165	0.054
DMC-04	Adobe o tapia.	0.092	0.030
DMC-05	Ladrillo o bloque de cemento.	0.050	0.016
<b>PCV</b>	<b>Estado de conservación de la vivienda</b>	<b>0.227</b>	
DCV-01	Muy Malo	0.406	0.092
DCV-02	Malo	0.254	0.058
DCV-03	Regular	0.184	0.042
DCV-04	Bueno	0.101	0.023
DCV-05	Muy Bueno	0.055	0.012
<b>PSL</b>	<b>Situación laboral del jefe de familia</b>	<b>0.156</b>	
DSL-01	La semana pasada no trabajó	0.460	0.072
DSL-02	La semana pasada realizó algún cachuelo por un pago	0.258	0.040
DSL-03	Aunque la semana pasada no trabajó, tiene algún negocio propio	0.150	0.023
DSL-04	La semana pasada no trabajó, pero tenía trabajo fijo	0.085	0.013
DSL-05	Esta semana cuenta con trabajo estable	0.047	0.007
<b>PIF</b>	<b>Ingreso familiar aproximado</b>	<b>0.108</b>	
DIF-01	≤ 149 S/.	0.406	0.044
DIF-02	> 149 S/. ≤ 264 S/.	0.254	0.027
DIF-03	> 264 S/. ≤ 1200 S/.	0.184	0.020
DIF-04	> 1200 S/. ≤ 3000 S/.	0.101	0.011
DIF-05	> 3000 S/.	0.055	0.006
<b>PVE</b>	<b>Valor económico de las áreas agrícolas</b>	<b>0.073</b>	
DVE-01	Cultivos de quinua	0.459	0.034
DVE-02	Cultivos de maíz	0.259	0.019
DVE-03	Cultivos de papa	0.150	0.011
DVE-04	Cultivos de lechuga, zanahoria, ajo, brócoli, cebolla, haba o repollo	0.086	0.006
DVE-05	Cultivos de avena, cebada o trigo	0.047	0.003
<b>PMCa</b>	<b>Material de la carretera</b>	<b>0.050</b>	
DMCa-01	Trocha carrozable	0.418	0.021
DMCa-02	Carretera asfaltada, carretera de tercera clase, de una calzada que soportan < 400 veh/día	0.287	0.014
DMCa-03	Carretera asfaltada, carretera de segunda clase, de una calzada de dos carriles que soportan entre 2000-400 veh/día	0.155	0.008
DMCa-04	Carretera asfaltada, carretera de primera clase, de una calzada de dos carriles que soportan entre 4000-2001 veh/día	0.092	0.005
DMCa-05	Autopista, carretera de calzadas separada, cada una con dos o más carriles que soportan > 4000 veh/día	0.048	0.002
<b>PME</b>	<b>Existencia de medidas estructurales</b>	<b>0.034</b>	
DME-01	No existen medidas estructurales	0.470	0.016
DME-02	Existencia de cunetas en la carretera, pero no como medida preventiva del fenómeno natural.	0.288	0.010
DME-03	Existencia de cunetas tanto en la carretera como medida preventiva del fenómeno natural.	0.137	0.005
DME-04	Existencia de cunetas tanto en la carretera como medida preventiva del fenómeno natural. Además de presentar estructuras de protección como muros de contención, diques u otros.	0.069	0.002
DME-05	Existencia de un buen sistema de drenaje tanto en la vía como medida preventiva del fenómeno natural. Además de presentar estructuras de protección como muros de contención, diques u otros.	0.036	0.001
<b>PTR</b>	<b>Tipo de riego que se utiliza en las áreas agrícolas</b>	<b>0.024</b>	
DTR-01	Riego tendido	0.459	0.011
DTR-02	Riesgo por surcos	0.259	0.006
DTR-03	Riego por melgas	0.150	0.004
DTR-04	Riego por goteo	0.086	0.002
DTR-05	Riego tecnificado por aspersión	0.047	0.001
<b>R1</b>	$PMC*DMC-01 + PCV*DCV-01 + PSL*DSL-01 + PIF*DIF-01 + PVE*DVE-01 + PMCa*DMCa-01 + PME*DME-01 + PTR*DTR-01 =$	<b>0.445</b>	
<b>R2</b>	$PMC*DMC-02 + PCV*DCV-02 + PSL*DSL-02 + PIF*DIF-02 + PVE*DVE-02 + PMCa*DMCa-02 + PME*DME-02 + PTR*DTR-02 =$	<b>0.246</b>	
<b>R3</b>	$PMC*DMC-03 + PCV*DCV-03 + PSL*DSL-03 + PIF*DIF-03 + PVE*DVE-03 + PMCa*DMCa-03 + PME*DME-03 + PTR*DTR-03 =$	<b>0.166</b>	
<b>R4</b>	$PMC*DMC-04 + PCV*DCV-04 + PSL*DSL-04 + PIF*DIF-04 + PVE*DVE-04 + PMCa*DMCa-04 + PME*DME-04 + PTR*DTR-04 =$	<b>0.093</b>	
<b>R5</b>	$PMC*DMC-05 + PCV*DCV-05 + PSL*DSL-05 + PIF*DIF-05 + PVE*DVE-05 + PMCa*DMCa-05 + PME*DME-05 + PTR*DTR-05 =$	<b>0.050</b>	

\*PMC = Parámetro Material de construcción de la edificación

\*DMC-01 = Discriminante 01 del parámetro Material de construcción de la edificación



## Análisis de la resiliencia económica

Se trabajó con parámetros referidos a la capacidad económica individual, tenencia de la propiedad, cuando tengo problemas económicos mis vecinos más cercanos me ayudan, mantenimiento de la vía y existencia de postes S.O.S. en la vía asfaltada.

### Ponderación de los descriptores para los parámetros de la resiliencia económica

#### a) Capacidad económica individual

El nivel de ingreso familiar influye directamente en la resiliencia, más aún si está por debajo del mínimo vital. A continuación, se detalla la valoración de los descriptores:

#### b) Tenencia de la propiedad

Este parámetro considera la manera de cómo se obtuvo el título de la propiedad, donde el parámetro más vulnerable es la tenencia de la vivienda por invasión.

#### c) Cuando tengo problemas económicos mis vecinos más cercanos me ayudan

Este parámetro considera como obtuvo el título de la propiedad, donde el parámetro más vulnerable es la tenencia de la vivienda por invasión.

#### d) Mantenimiento de la vía

Este parámetro considera como es el mantenimiento de la vía, donde el parámetro más vulnerable es cuando la vía no tiene mantenimiento.

#### e) Existencia de postes S.O.S. en la vía asfaltada

Este parámetro considera como es el mantenimiento de la vía, donde el parámetro más vulnerable es cuando la vía no tiene mantenimiento.

**Tabla 9. 20** Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Resiliencia Económica. Fuente Propia.

<b>PCE</b>	<b>Capacidad económica individual</b>	<b>0.459</b>	
DCE-01	No alcanza para los alimentos	0.393	0.180
DCE-02	A veces alcanza para los alimentos	0.296	0.136
DCE-03	Alcanza para cubrir los alimentos solamente	0.166	0.076
DCE-04	Alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos	0.094	0.043
DCE-05	Alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos además permite ahorrar	0.051	0.023
<b>PTP</b>	<b>Tenencia de la propiedad</b>	<b>0.259</b>	
DTP-01	Otra forma	0.460	0.119
DTP-02	Propia por invasión	0.258	0.067
DTP-03	Alquilada	0.150	0.039
DTP-04	Propia parcialmente pagada	0.085	0.022
DTP-05	Propia totalmente pagada	0.047	0.012
<b>PVA</b>	<b>Cuando tengo problemas económicos mis vecinos más cercanos me ayudan</b>	<b>0.150</b>	
DVA-01	Totalmente en desacuerdo	0.474	0.071
DVA-02	En desacuerdo	0.219	0.033
DVA-03	Indiferente/ Indeciso	0.165	0.025
DVA-04	De acuerdo	0.092	0.014
DVA-05	Totalmente de acuerdo	0.050	0.007
<b>PMV</b>	<b>Mantenimiento de la vía</b>	<b>0.086</b>	
DMV-01	No tiene mantenimiento	0.500	0.043
DMV-02	Mantenimiento tres a cuatro veces al año	0.262	0.022
DMV-03	Mantenimiento cada dos meses	0.135	0.012
DMV-04	Mantenimiento mensual	0.068	0.006
DMV-05	Mantenimiento semanal	0.036	0.003
<b>PSOS</b>	<b>Existencia de postes S.O.S. en la vía asfaltada</b>	<b>0.047</b>	
DSOS-01	No existe ningún poste S.O.S.	0.500	0.024



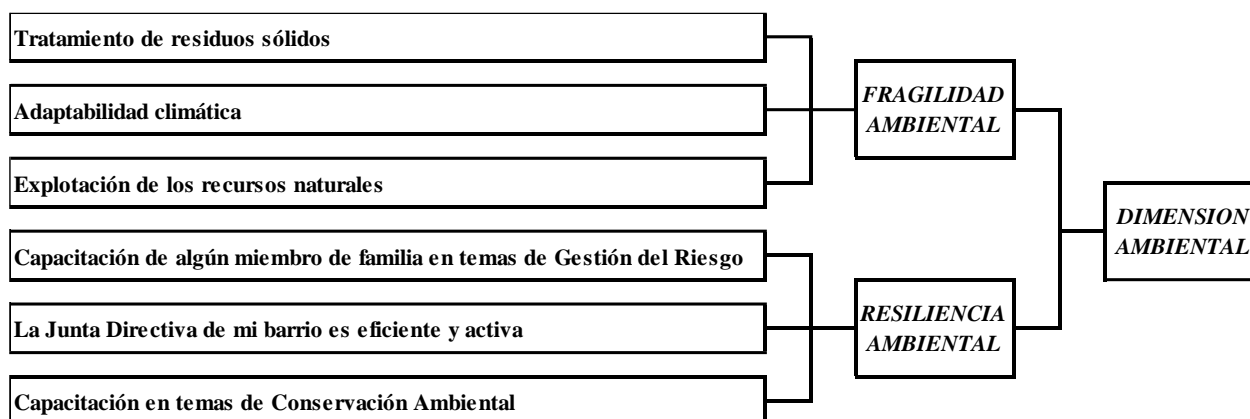
DSOS-02	Existen postes S.O.S. a una distancia > 100 km.	0.262	0.012
DSOS-03	Existen postes S.O.S. a una distancia de 51-100 km.	0.135	0.006
DSOS-04	Existen postes S.O.S. a una distancia de 11-50 km.	0.068	0.003
DSOS-05	Existen postes S.O.S. cada 10 kilómetros	0.036	0.002
<b>R1</b>	$PCE*DCE-01 + PTP*DTP-01 + PVA*DVA-01 + PMV*DMV-01 + PSOS*DSOS-01 =$	<b>0.437</b>	
<b>R2</b>	$PCE*DCE-02 + PTP*DTP-02 + PVA*DVA-02 + PMV*DMV-02 + PSOS*DSOS-02 =$	<b>0.270</b>	
<b>R3</b>	$PCE*DCE-03 + PTP*DTP-03 + PVA*DVA-03 + PMV*DMV-03 + PSOS*DSOS-03 =$	<b>0.158</b>	
<b>R4</b>	$PCE*DCE-04 + PTP*DTP-04 + PVA*DVA-04 + PMV*DMV-04 + PSOS*DSOS-04 =$	<b>0.088</b>	
<b>R5</b>	$PCE*DCE-05 + PTP*DTP-05 + PVA*DVA-05 + PMV*DMV-05 + PSOS*DSOS-05 =$	<b>0.048</b>	

\*PCE = Parámetro Capacidad económica individual

\*DCE-01 = Discriminante 01 del parámetro Capacidad económica individual

## Dimensión ambiental

En la carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, tramo Ranraccasa – Paruro (km 8+900 – 25+900) se determinó que el tratamiento de residuos sólidos influye en la vulnerabilidad ambiental dentro de la fragilidad, las medidas que debe tomar la autoridad que regula el desarrollo urbano debe contribuir en su sostenibilidad.



**Ilustración 9. 18** Flujograma de la vulnerabilidad ambiental. Fuente Propia.

## Análisis de la fragilidad ambiental

Se trabajó con tres parámetros como son el tratamiento de residuos sólidos, adaptabilidad climática y la explotación de los recursos naturales.

## Ponderación de los descriptores para los parámetros de la fragilidad ambiental

### a) Tratamiento de residuos sólidos

Este parámetro considera la manera en que los residuos sólidos son clasificados o depositados, el parámetro más vulnerable es la población que deposita la basura en o cerca de la carretera.

### Adaptabilidad climática

Este parámetro considera la manera en que los residuos sólidos son clasificados o depositados, el parámetro más vulnerable es cuando la población deposita la basura en o cerca de la carretera.

### b) Explotación de recursos naturales

Este parámetro considera la manera en que se explotan los recursos humanos, los parámetros más vulnerables son las practicas negligentes e intensas de degradación de los límites y márgenes de la carretera.





**Tabla 9. 21 Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Fragilidad Ambiental. Fuente Propia.**

<b>PRS</b>	<b>Tratamiento de residuos sólidos</b>	<b>0.634</b>	
<i>DRS-01</i>	<i>Deposita la basura en o cerca de la carretera</i>	<i>0.399</i>	<i>0.253</i>
<i>DRS-02</i>	<i>Los deposita en los puntos de acopio cerca no permitidos</i>	<i>0.248</i>	<i>0.157</i>
<i>DRS-03</i>	<i>Deposita en puntos de acopio cerca permitidos</i>	<i>0.205</i>	<i>0.130</i>
<i>DRS-04</i>	<i>Clasifica los residuos antes de dejarlos al camión</i>	<i>0.096</i>	<i>0.061</i>
<i>DRS-05</i>	<i>Clasifica y recicla los residuos sólidos, antes de dejarlos al camión</i>	<i>0.052</i>	<i>0.033</i>
<b>PAC</b>	<b>Adaptabilidad climática</b>	<b>0.260</b>	
<i>DAC-01</i>	<i>No ha contemplado este tema</i>	<i>0.397</i>	<i>0.103</i>
<i>DAC-02</i>	<i>Percibe el problema, pero tiene otras prioridades más urgentes</i>	<i>0.246</i>	<i>0.064</i>
<i>DAC-03</i>	<i>Percibe problemas relacionados al clima, pero no tiene conocimiento de cómo abordarlos</i>	<i>0.202</i>	<i>0.053</i>
<i>DAC-04</i>	<i>Conoce estrategias, pero no puede financiarlas</i>	<i>0.104</i>	<i>0.027</i>
<i>DAC-05</i>	<i>Aplica en la actualidad estrategias de adaptabilidad a climas cambiantes e intensos</i>	<i>0.051</i>	<i>0.013</i>
<b>PRN</b>	<b>Explotación de los recursos naturales</b>	<b>0.106</b>	
<i>DRN-01</i>	<i>Prácticas negligentes e intensas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera.</i>	<i>0.506</i>	<i>0.053</i>
<i>DRN-02</i>	<i>Prácticas negligentes periódicas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera</i>	<i>0.243</i>	<i>0.026</i>
<i>DRN-03</i>	<i>Prácticas de degradación de la fauna en márgenes de la carretera. Las actividades son de baja intensidad.</i>	<i>0.154</i>	<i>0.016</i>
<i>DRN-04</i>	<i>Prácticas en márgenes de la carretera, con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad.</i>	<i>0.058</i>	<i>0.006</i>
<i>DRN-05</i>	<i>Prácticas en márgenes de la carretera con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental.</i>	<i>0.039</i>	<i>0.004</i>
<b>R1</b>	<b>PRS*DRS-01 + PAC*DAC-01 + PRN*DRN-01=</b>	<b>0.410</b>	
<b>R2</b>	<b>PRS*DRS-02 + PAC*DAC-02 + PRN*DRN-02=</b>	<b>0.247</b>	
<b>R3</b>	<b>PRS*DRS-03 + PAC*DAC-03 + PRN*DRN-03=</b>	<b>0.199</b>	
<b>R4</b>	<b>PRS*DRS-04 + PAC*DAC-04 + PRN*DRN-04=</b>	<b>0.094</b>	
<b>R5</b>	<b>PRS*DRS-05 + PAC*DAC-05 + PRN*DRN-05=</b>	<b>0.050</b>	

\*PRS = Parámetro Tratamiento de residuos sólidos

\*DRS-01 = Discriminante 01 del parámetro Tratamiento de residuos sólidos

### **Análisis de la resiliencia ambiental**

Se trabajó con tres parámetros como son la capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgo, el tratamiento de residuos sólidos, la junta directiva de mi barrio es eficiente y capacitación en temas de conservación ambiental.

### **Ponderación de los descriptores para los parámetros de la fragilidad ambiental**

#### **a) Capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgos**

Este parámetro considera el conocimiento de la población acerca de temas de Gestión de Riesgos, el parámetro más vulnerable la población no tiene capacitaciones acerca de Gestión de Riesgos.

#### **b) La junta directiva de mi barrio es eficiente y activa**

Este parámetro considera la manera en que maneja la junta directiva del sector problemáticas acerca del cambio climático y ocurrencia de riesgos geológicos, el parámetro más vulnerable cuando la junta directiva no es eficiente ni activa ante la ocurrencia de estos fenómenos naturales.

#### **c) Capacitación en conservación ambiental**

Este parámetro considera la manera en que maneja la junta directiva del sector problemáticas acerca del cambio climático y ocurrencia de riesgos geológicos, el parámetro más vulnerable cuando la junta directiva no es eficiente ni activa ante la ocurrencia de estos fenómenos naturales.



**Tabla 9. 22 Ponderación de los parámetros y discriminantes de la Resiliencia Ambiental. Fuente Propia.**

PGR	Capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgo	0.540	
DGR-01	No tienen capacitaciones	0.460	0.248
DGR-02	Capacitación hace más de 3 años	0.258	0.139
DGR-03	Capacitación hace 1 a 3 años	0.150	0.081
DGR-04	Capacitación hace 7 a 11 meses	0.085	0.046
DGR-05	Capacitación hace 1 a 6 meses	0.047	0.025
PJD	La junta directiva de mi barrio es eficiente y activa	0.297	
DJD-01	Totalmente en desacuerdo	0.460	0.136
DJD-02	En desacuerdo	0.258	0.077
DJD-03	Indiferente/ Indeciso	0.150	0.045
DJD-04	De acuerdo	0.085	0.025
DJD-05	Totalmente de acuerdo	0.047	0.014
PCA	Capacitación en temas de Conservación Ambiental	0.163	
DCA-01	La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental	0.470	0.077
DCA-02	La población esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental	0.282	0.046
DCA-03	La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial	0.148	0.024
DCA-04	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria	0.066	0.011
DCA-05	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total	0.033	0.005
R1	$PGR * DGR-01 + PJD * DJD-01 + PCA * DCA-01 =$	0.461	
R2	$PGR * DGR-02 + PJD * DJD-02 + PCA * DCA-02 =$	0.262	
R3	$PGR * DGR-03 + PJD * DJD-03 + PCA * DCA-03 =$	0.150	
R4	$PGR * DGR-04 + PJD * DJD-04 + PCA * DCA-04 =$	0.082	
R5	$PGR * DGR-05 + PJD * DJD-05 + PCA * DCA-05 =$	0.044	

\*PGR = Parámetro Capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgo

\*DGR-01 = Discriminante 01 del parámetro Capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgo

#### 9.4. Definición de los Niveles de Vulnerabilidad

En síntesis, el cálculo de los intervalos de los valores de la vulnerabilidad para la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro (km 8+900 - 25+900) es el siguiente:

##### 9.4.1. Definición de los niveles de Fragilidad

**Tabla 9. 23 Cálculo de los niveles de Fragilidad de las dimensiones sociales. Fuente Propia.**

SOCIAL							
Grupo Étareo	Fuente de abastecimiento de agua	Servicios higiénicos que tiene la vivienda	Servicios de energía eléctrica	Ubicación de los elementos expuestos	Distancia de la vía al talud	Tipo de Vehículo	Velocidad de los vehículos
0.304	0.251	0.164	0.109	0.073	0.048	0.031	0.02
0.4624	0.3906	0.4488	0.3955	0.393	0.4585	0.4376	0.393
0.2605	0.2939	0.2925	0.2988	0.2963	0.2586	0.2647	0.2963
0.1518	0.164	0.141	0.168	0.166	0.1503	0.155	0.166
0.0756	0.1022	0.0708	0.0833	0.0936	0.0856	0.0925	0.0936
0.0497	0.0493	0.0468	0.0544	0.0511	0.0471	0.0503	0.0511
0.5401							

**Tabla 9. 24 Cálculo de los niveles de Fragilidad de las dimensiones económicas. Fuente Propia.**

ECONÓMICO							
Material de construcción de la edificación	Estado de Conservación de la Vivienda	Situación laboral del jefe de familia	Ingreso Familiar Total Aprox.	Valor económico de las áreas agrícolas	Material de la carretera	Existencia de medidas estructurales	Tipo de riego que se utiliza en las áreas agrícolas
0.328	0.227	0.156	0.108	0.073	0.05	0.034	0.024
0.4744	0.4064	0.4598	0.4064	0.4585	0.4178	0.4702	0.4585
0.219	0.2536	0.2582	0.2536	0.2586	0.287	0.2878	0.2586



0.1649	0.1839	0.15	0.1839	0.1503	0.1551	0.1368	0.1503
0.0919	0.1012	0.0854	0.1012	0.0856	0.0922	0.0689	0.0856
0.0498	0.0549	0.0466	0.0549	0.0471	0.048	0.0362	0.0471
<b>0.2969</b>							

**Tabla 9. 25** Cálculo de los niveles de Fragilidad de las dimensiones ambientales. Fuente Propia.

<b>AMBIENTAL</b>		
<i>Tratamiento de residuos sólidos</i>	<i>Adaptabilidad climática</i>	<i>Explotación de los recursos naturales</i>
<b>0.634</b>	<b>0.26</b>	<b>0.106</b>
0.3995	0.3971	0.5056
0.248	0.2461	0.2434
0.2045	0.2021	0.1541
0.0956	0.1042	0.0582
0.0524	0.0506	0.0387
<b>0.163</b>		

**Tabla 9. 26** Niveles de Fragilidad. Fuente Propia.

<b>NIVELES DE FRAGILIDAD</b>			
<b>RANGO</b>			<b>NIVEL</b>
0.2655	≤ R <	0.4298	<b>MUY ALTO</b>
0.1660	≤ R <	0.2655	<b>ALTO</b>
0.0887	≤ R <	0.1660	<b>MEDIO</b>
0.0499	≤ R <	0.0887	<b>BAJO</b>

#### 9.4.2. Definición de los niveles de Resiliencia

**Tabla 9. 27** Cálculo de los niveles de Resiliencia de las dimensiones sociales. Fuente Propia.

<b>RESILIENCIA SOCIAL</b>							
<i>Grado de instrucción del jefe de familia</i>	<i>Actitud frente a la ocurrencia de un fenómeno natural</i>	<i>Conocimiento de choferes sobre que hacer frente a ocurrencia de fenómenos naturales</i>	<i>Señalización de la vía acerca de la existencia de fenómenos naturales</i>	<i>Experiencia del chofer</i>	<i>Conocimiento de choferes y pasajeros acerca de primeros auxilios</i>	<i>Manera de tratar la salud</i>	<i>Formalidad de las empresas de transportes</i>
<b>0.328</b>	<b>0.227</b>	<b>0.156</b>	<b>0.108</b>	<b>0.073</b>	<b>0.05</b>	<b>0.034</b>	<b>0.024</b>
0.5098	0.4064	0.4585	0.4585	0.4166	0.4585	0.4598	0.4598
0.2316	0.2536	0.2586	0.2586	0.262	0.2586	0.2582	0.2582
0.1371	0.1839	0.1503	0.1503	0.1609	0.1503	0.15	0.15
0.0786	0.1012	0.0856	0.0856	0.0983	0.0856	0.0854	0.0854
0.043	0.0549	0.0471	0.0471	0.0622	0.0471	0.0466	0.0466
<b>0.54</b>							

**Tabla 9. 28** Cálculo de los niveles de Resiliencia de las dimensiones económicas. Fuente Propia.

<b>RESILIENCIA ECONÓMICA</b>				
<i>Capacidad económica individual</i>	<i>Tenencia de la propiedad</i>	<i>Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos me ayudan</i>	<i>Mantenimiento de la vía</i>	<i>Existencia de postes S.O.S. en la vía asfaltada</i>
<b>0.459</b>	<b>0.259</b>	<b>0.15</b>	<b>0.086</b>	<b>0.047</b>
0.393	0.4598	0.4744	0.4998	0.4998
0.2963	0.2582	0.219	0.2617	0.2617
0.166	0.15	0.1649	0.1348	0.1348
0.0936	0.0854	0.0919	0.0679	0.0679
0.0511	0.0466	0.0498	0.0357	0.0357
<b>0.297</b>				



**Tabla 9. 29** Cálculo de los niveles de Resiliencia de las dimensiones ambientales. Fuente Propia.

AMBIENTAL		
Capacitación de algún miembro de familia en temas de Gestión del Riesgo	La Junta Directiva de mi barrio es eficiente y activa	Capacitación en temas de Conservación Ambiental
<b>0.54</b>	<b>0.297</b>	<b>0.163</b>
0.4598	0.4598	0.4697
0.2582	0.2582	0.2823
0.15	0.15	0.1484
0.0854	0.0854	0.0664
0.0466	0.0466	0.0332
<b>0.163</b>		

**Tabla 9. 30** Niveles de Resiliencia. Fuente Propia.

NIVELES DE RESILIENCIA			
RANGO			NIVEL
0.257	≤ R <	0.454	<b>MUY ALTA</b>
0.155	≤ R <	0.257	<b>ALTA</b>
0.087	≤ R <	0.155	<b>MEDIA</b>
0.048	≤ R <	0.087	<b>BAJA</b>

**Tabla 9. 31** Cálculo de los niveles de Vulnerabilidad. Fuente Propia.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD						
FRAGILIDAD	RESILIENCIA	TOTAL	NIVELES DE VULNERABILIDAD			
0.6	0.4		RANGO		NIVEL	
0.4298	0.454	0.439				
			0.262	≤ V <	0.439	MUY ALTO
0.2655	0.257	0.262				
			0.161	≤ V <	0.262	ALTO
0.166	0.155	0.161				
			0.088	≤ V <	0.161	MEDIA
0.0887	0.087	0.088				
			0.049	≤ V <	0.088	BAJA
0.0499	0.048	0.049				

**Tabla 9. 32** Niveles de Vulnerabilidad, Fuente Propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD			
RANGO			NIVEL
0.2623	≤ R <	0.4393	<b>MUY ALTO</b>
0.1614	≤ R <	0.2623	<b>ALTO</b>
0.0880	≤ R <	0.1614	<b>MEDIO</b>
0.0490	≤ R <	0.0880	<b>BAJO</b>

#### 9.4.3. Estratificación de la Vulnerabilidad

Constituye la síntesis de las características principales de los niveles de vulnerabilidad que a continuación se presenta (Mapas: M-39, M-40, M-41 y M-42):





Tabla 9. 33 Estratificación de la Vulnerabilidad. Fuente Propia.

ESTRATIFICACION DE LA VULNERABILIDAD						
NIVEL	DESCRIPCION	RANGO			NIVEL	
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Grupo etario de 0 a 5 años y mayor a 65 años, se abastecen de agua del vecino y no cuentan con servicios higiénicos ni energía eléctrica en la vivienda. Además, se ubican a menos de 20 metros de un fenómeno natural y la vía está a menos de un metro del talud. Los vehículos que transitan por la vía son de transporte público y van a una velocidad mayor a 100 km/h. El jefe de familia no tiene ningún grado de instrucción o inicial, la familia no conoce zonas seguras ante ocurrencia de fenómenos naturales, no conoce que es un fenómeno natural ni saben qué hacer ante la ocurrencia de estos e ignora la evacuación. En la vía no existe señalización, los conductores tienen menos de un año de experiencia y no tienen conocimientos de primeros auxilios. La manera de tratar la salud, no realiza ninguna actividad al respecto. Las empresas de transportes son informales.	0.2623	≤ V <	0.4393	VULNERABILIDAD MUY ALTA	
	El material de construcción es de estera o cartón, su estado de conservación es muy mala. Además, el jefe de familia la semana pasada no trabajó. El ingreso familiar es menos de 149 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de quinua. La vía es una carretera de trocha carrozable que soportan menos de 400 veh/ día y no existen medidas estructurales. El riego de los cultivos es por el método tendido. Con respecto a la capacidad económica no alcanza para los alimentos. La tenencia de la propiedad es de otra forma, más no propia ni alquilada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos no me ayudan. La vía no tiene mantenimiento y no existen postes S.O.S.					
	Deposita basura en o cerca de la carretera, no ha contemplado la adaptabilidad climática y hace practicas negligentes e intensas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera. No tiene capacitación en temas de Gestión del Riesgo. La junta directiva de mi barrio no eficiente ni activa. La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.					
VULNERABILIDAD ALTA	Grupo etario de 6 a 12 años y de 60 a 64 años, se abastecen de agua por un camión-cisterna u otro similar, cuentan con servicios higiénicos por letrina y la energía eléctrica en la vivienda es por panel solar. Además, se ubican entre los 20 a 100 metros de un fenómeno natural y la vía está entre uno y tres metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son de transporte público o privado de escolares y van a una velocidad entre 90 km/h a 100 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es la primaria, la familia no sale de la vivienda ante la ocurrencia de fenómenos naturales, no conoce que es un fenómeno natural ni sabe que hacer ante la ocurrencia de estos, pero se preocupa por evacuar. En la vía existe señalización, pero no advierte la existencia de fenómenos naturales, los conductores tienen entre uno a tres años de experiencia y tiene conocimientos sobre primeros auxilios, pero nunca lo aplicó con ninguna persona. La manera de tratar la salud, es auto medicarse. Las empresas de transportes es formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad como cinturones de seguridad en todos los asientos ni con botiquín de primeros auxilios	0.1614	≤ V <	0.2623	VULNERABILIDAD ALTA	
	El material de construcción es de madera, su estado de conservación es mala. Además, el jefe de familia la semana pasada realizó algún cachuelo por un pago. El ingreso familiar está entre los 149 a 264 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de maíz. La vía es una carretera de segunda a tercera clase que soportan de 2000 a 400 veh/ día y existen cunetas en la carretera, pero no como medida preventiva del fenómeno natural. El riego de los cultivos es por el método de surcos. Con respecto a la capacidad económica a veces alcanza para los alimentos. La tenencia de la propiedad es propia por invasión. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos están en desacuerdo de ayudarme. La vía tiene mantenimiento de tres a cuatro veces al año y existen postes S.O.S. a una distancia mayor a 100 km.					
	Deposita basura en los puntos de acopio cerca no permitidos, con respecto a la adaptabilidad climática percibe el problema, pero tiene otras prioridades más urgentes y hace practicas negligentes periódicas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera. La ultima capacitación en temas de Gestión del Riesgo fue hace más de tres años. Algunos creen que la junta directiva de mi barrio es eficiente y activa, están en desacuerdo. La población está escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.					
VULNERABILIDAD MEDIA	Grupo etario de 13 a 30 años y de 50 a 59 años. Se abastecen de agua por pilón de uso público y red pública fuera dela vivienda. Cuentan con servicios higiénicos por pozo séptico y tienen una red pública de desagüe fuera de la vivienda. La energía eléctrica en la vivienda es por alumbrado con generador eléctrico y por red de energía pública fuera de la casa. Además, se ubican entre los 100 a 1000 metros de un fenómeno natural y la vía está entre tres a cinco metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son automóviles, camionetas, motocicletas o vehículos de transporte de mercancías peligrosas y van a una velocidad entre 90 km/h a 70 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es la secundaria a técnica superior. La familia sale de la vivienda ante la ocurrencia de fenómenos naturales o se ubica en las columnas, muros de contención. No sabe diferenciar entre los diferentes tipos de fenómenos naturales y tiene conocimientos sobre fenómenos naturales, pero no sabe que hacer ante la ocurrencia de estos. En la vía existe señalización, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones, pero no da tiempo suficiente para responder adecuadamente, Los conductores tienen entre tres a cinco años de experiencia y tiene conocimientos sobre primeros auxilios, aplicó más de dos veces con familiares o amigos. La manera de tratar la salud, es consulta con amigos o familiares, a veces asiste a un centro de salud estatal. Las empresas de transportes es formal que cuenta con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos, pero tiene el seguro vencido.	0.0880	≤ V <	0.1614	VULNERABILIDAD MEDIA	
	El material de construcción es de quinchita o adobe, su estado de conservación es de regular a buena. Además, el jefe de familia, aunque la semana pasada no trabajó, tiene algún negocio propio y tenía trabajo fijo. El ingreso familiar está entre los 265 a 3000 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de papa y hortalizas. La vía es una carretera de primera clase que soportan de 2001 a 4000 veh/ día y existen de cunetas tanto en la carretera como medida preventiva del fenómeno natural. Además de presentar estructuras de protección como muros de contención, diques u otros. El riego de los cultivos es por el método de melgas o goteo. Con respecto a la capacidad económica alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos. La tenencia de la propiedad es alquilada o propia parcialmente pagada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos a veces están indecisos y otras veces están de acuerdo en ayudarme. La vía tiene mantenimiento mensual y existen postes S.O.S. a una distancia de 11 a 100 km.					
	Deposita basura en los puntos de acopio permitidos y clasifica los residuos sólidos. Con respecto a la adaptabilidad climática percibe problemas relacionados al clima y conoce estrategias, pero no puede financiarlas. Hace prácticas de degradación de la fauna en márgenes de la carretera, las actividades son de baja intensidad con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad. La ultima capacitación en temas de Gestión del Riesgo está entre once meses y tres años como máximo. Algunos creen que la junta directiva de mi barrio es eficiente y activa, otros creen que es indiferente e indecisa. Parte de la población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial. Por otra parte, hay pobladores que se capacitan constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.					
VULNERABILIDAD BAJA	Grupo etario de 31 a 49 años. Se abastecen de agua por red pública dentro de la vivienda (agua potable). Cuentan con servicios higiénicos por red pública de desagüe dentro de la vivienda. La energía eléctrica en la vivienda es por red de energía pública dentro de la casa. Además, se ubican a más de los 1000 metros de un fenómeno natural y la vía está a más de cinco metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son vehículos de carga y van a una velocidad menor a 70 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es universitaria. La familia conoce zonas seguras ante la ocurrencia de fenómenos naturales. Tiene conocimientos sobre fenómenos naturales y sabe que hacer ante la ocurrencia de estos. En la vía existe señalización vial, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones. Da tiempo suficiente para responder adecuadamente. Los conductores tienen más de cinco años de experiencia y tiene conocimientos sobre primero auxilios y está en constante práctica. Tiene la práctica de un paramédico. La manera de tratar la salud, es asistir a una clínica particular. Las empresas de transportes son formales que cuentan con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos. El seguro está habilitado.	0.0490	≤ V <	0.0880	VULNERABILIDAD BAJA	
	El material de construcción es de ladrillo o bloque de cemento, su estado de conservación es muy buena. Además, el jefe de familia cuenta con trabajo estable esta semana. El ingreso familiar es mayor a los 3000 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de avena, cebada y trigo. La vía es una autopista que soportan > a 4000 veh/ día. Además de presentar un buen sistema de drenaje tanto en la vía como medida preventiva del fenómeno natural, también presenta estructuras de protección como muros de contención, diques u otros. El riego de los cultivos es por el método tecnificado por aspersión. Con respecto a la capacidad económica alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos además permite ahorrar. La tenencia de la propiedad es propia totalmente pagada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos están totalmente de acuerdo en ayudarme. La vía tiene mantenimiento semanal y existen postes S.O.S. a una distancia de 10 km.					
	Clasifica y recicla los residuos sólidos antes de dejarlos en el camión. Con respecto a la adaptabilidad climática aplica en la actualidad estrategias de adaptabilidad a climas cambiantes e intensos. Hace prácticas en márgenes de la carretera con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental. La ultima capacitación en temas de Gestión del Riesgo está entre seis meses y un año máximo. La junta directiva de mi barrio es eficiente y activa. La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.					



## **CAPITULO X**

### **ESTIMACIÓN O CÁLCULO DEL RIESGO**



## 10.1. Generalidades

La evaluación del riesgo geológico resulta compleja, por ser compleja la evaluación de los términos que lo definen. El riesgo se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). Estos efectos sobre los elementos expuestos (edificios, infraestructuras, personas, bienes, etc.) pueden ser expresados por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costos, exposición, etc. El riesgo está referido, como la peligrosidad, a un periodo de tiempo determinado, y se puede evaluar de forma determinista o probabilista. El riesgo puede calcularse a partir de la expresión

$$R = P * V$$

Donde:

- P es la peligrosidad
- V es la vulnerabilidad

## 10.2. Análisis del Riesgo

El análisis del riesgo se puede hacer de dos maneras: cualitativa y cuantitativa. Se hace un análisis cualitativo cuando se expresan los resultados del riesgo de manera verbal. Se hace un análisis cuantitativo cuando se expresa los resultados de manera cuantitativa (con valores numéricos), para ello se debe de cuantificar la peligrosidad, según el número y característica de los fenómenos valorizando sobre todo la frecuencia y magnitud. La vulnerabilidad se cuantifica en número de pérdidas, ya sean vidas humanas o bienes.

### 10.2.1. Riesgo Social o Humano

El riesgo social se refiere a la pérdida de vidas humanas, desaparecidos, heridos y discapacitados. Este riesgo está directamente proporcional a la velocidad del fenómeno. Mientras más rápido sea el fenómeno, más riesgo social puede causar.

### 10.2.2. Riesgo Económico

El riesgo económico se refiere a todas las pérdidas económicas originadas después de la ocurrencia del fenómeno peligroso.

### 10.2.3. Riesgo Ambiental

El análisis ambiental está asociado a la profundidad, velocidad y desplazamiento de los fenómenos, estos parámetros van a determinar la afectación ambiental.

Debido a la gran cantidad de fenómenos que tenemos en el tramo de carretera hemos optado por hacer un análisis cualitativo, un análisis cuantitativo nos demandaría hacer el análisis para cada fenómeno.

## 10.3. Matriz de riesgo

Par realizar la matriz de riesgo nos basaremos en un cuadro de doble entrada, en el que se promediará los rangos de vulnerabilidad con los rangos de la peligrosidad. La matriz de riesgos originado por los movimientos en masa de la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro (km 8+900 - 25+900), es el siguiente:



**Tabla 10. 1** *Matriz de Riesgos, Fuente Propia.*

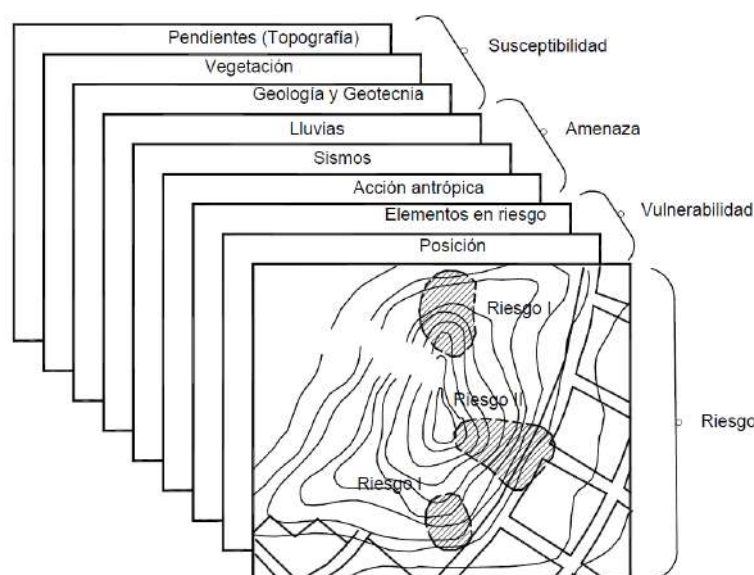
<b>PMA</b>	0.4618	0.0406	0.0745	0.1211	0.2029
<b>PA</b>	0.2677	0.0236	0.0432	0.0702	0.1176
<b>PM</b>	0.1516	0.0133	0.0245	0.0398	0.0666
<b>PB</b>	0.0791	0.0070	0.0128	0.0207	0.0348
		0.0880	0.1614	0.2623	0.4393
		<b>VB</b>	<b>VM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

**Tabla 10. 2** *Niveles de Riesgo, Fuente Propia.*

NIVELES DE RIESGO			
RANGO			NIVEL
0.0745	≤ R <	0.2029	<b>MUY ALTO</b>
0.0245	≤ R <	0.0745	<b>ALTO</b>
0.0070	≤ R <	0.0245	<b>MEDIO</b>
0.0010	≤ R <	0.0070	<b>BAJO</b>

#### 10.4. Mapa de niveles de riesgo

La principal finalidad de un mapa de riesgo es la planificación (el ordenamiento territorial). Para realizar el mapa de riesgos nos hemos basado en la metodología planteada por Suárez, (2009, p.571) y en el libro de Gonzales de Vallejo et al., 2002.



**Ilustración 10. 1** *Metodología para elaboración del mapa de riesgo. Tomado de Suárez, 2009.*





Tabla 10. 3 Estratificación del Riesgo Fuente Propia.

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO			NIVEL
RIESGO MUY ALTO	<p>Grupo etario de 0 a 5 años y mayor a 65 años, se abastecen de agua del vecino y no cuentan con servicios higiénicos ni energía eléctrica en la vivienda. Además, se ubican a menos de 20 metros de un fenómeno natural y la vía está a menos de un metro del talud. Los vehículos que transitan por la vía son de transporte público y van a una velocidad mayor a 100 km/h. El jefe de familia no tiene ningún grado de instrucción o inicial, la familia no conoce zonas seguras ante ocurrencia de fenómenos naturales, no conoce que es un fenómeno natural ni sabe que hacer ante la ocurrencia de estos e ignora la evacuación. En la vía no existe señalización, los conductores tienen menos de un año de experiencia y no tienen conocimientos de primeros auxilios. La manera de tratar la salud, no realiza ninguna actividad al respecto. Las empresas de transportes son informales.</p> <p>El material de construcción es de estera o cartón, su estado de conservación es muy mala. Además, el jefe de familia la semana pasada no trabajó. El ingreso familiar es menos de 149 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de quinua. La vía es una carretera de trocha carrozable que soportan menos de 400 veh/ día y no existen medidas estructurales. El riego de los cultivos es por el método tendido. Con respecto a la capacidad económica no alcanza para los alimentos. La tenencia de la propiedad es de otra forma, más no propia ni alquilada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos no me ayudan. La vía no tiene mantenimiento y no existen postes S.O.S.</p> <p>Deposita basura en o cerca de la carretera, no ha contemplado la adaptabilidad climática y hace practicas negligentes e intensas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera. No tiene capacitación en temas de Gestión del Riesgo. La junta directiva de mi barrio no eficiente ni activa. La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.</p> <p>Zonas con presencia de fenómenos naturales moderadamente grandes con volúmenes entre 250 000 a 5 000 000 m<sup>3</sup>, con una velocidad extremadamente rápida de 5x10<sup>3</sup> mm/s.f. (desplazamiento de 5 m/seg.) y un tipo de actividad activo-activo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses de enero, febrero y marzo donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy fuerte y fuerte (niveles VII y VI respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan movimientos complejos y deslizamientos traslacionales producidos por sismos mayores a 6.0 en la escala sismológica de Richter</p>	0.0745	≤ R <	0.2029	RIESGO MUY ALTO
RIESGO ALTO	<p>Grupo etario de 6 a 12 años y de 60 a 64 años, se abastecen de agua por un camión-cisterna u otro similar, cuentan con servicios higiénicos por letrina y la energía eléctrica en la vivienda es por panel solar. Además, se ubican entre los 20 a 100 metros de un fenómeno natural y la vía está entre uno y tres metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son de transporte público o privado de escolares y van a una velocidad entre 90 km/h a 100 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es la primaria, la familia no sale de la vivienda ante la ocurrencia de fenómenos naturales, no conoce que es un fenómeno natural ni sabe que hacer ante la ocurrencia de estos, pero se preocupa por evacuar. En la vía existe señalización, pero no advierte la existencia de fenómenos naturales, los conductores tienen entre uno a tres años de experiencia y tiene conocimientos sobre primeros auxilios, pero nunca lo aplicó con ninguna persona. La manera de tratar la salud, es auto medicarse. Las empresas de transportes es formal, pero no cuenta con las medidas de seguridad como cinturones de seguridad en todos los asientos ni con botiquín de primeros auxilios</p> <p>El material de construcción es de madera, su estado de conservación es mala. Además, el jefe de familia la semana pasada realizó algún cachuelo por un pago. El ingreso familiar está entre los 149 a 264 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de maíz. La vía es una carretera de segunda a tercera clase que soportan de 2000 a 400 veh/ día y existen cunetas en la carretera, pero no como medida preventiva del fenómeno natural. El riego de los cultivos es por el método de surcos. Con respecto a la capacidad económica a veces alcanza para los alimentos. La tenencia de la propiedad es propia por invasión. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos están en desacuerdo de ayudarme. La vía tiene mantenimiento de tres a cuatro veces al año y existen postes S.O.S. a una distancia mayor a 100 km.</p> <p>Deposita basura en los puntos de acopio cerca no permitidos, con respecto a la adaptabilidad climática percibe el problema, pero tiene otras prioridades más urgentes y hace practicas negligentes periódicas de degradación de la flora en los límites y márgenes de la carretera. La última capacitación en temas de Gestión del Riesgo fue hace más de tres años. Algunos creen que la junta directiva de mi barrio es eficiente y activa, están en desacuerdo. La población está escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.</p> <p>Zonas con presencia de fenómenos naturales medianos con volúmenes entre 50 000 a 250 000 m<sup>3</sup>, con una velocidad rápida de 5x10<sup>-1</sup> mm/s.f. (desplazamiento de 1.8 m/seg.) y un tipo de actividad activo-suspendido. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses noviembre y diciembre donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel poco fuerte (nivel V en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan deslizamientos rotacionales y flujo de detritos producidos por sismos entre 4.5 y 5.0 en la escala sismológica de Richter.</p>	0.0245	≤ R <	0.0745	RIESGO ALTO
RIESGO MEDIO	<p>Grupo etario de 13 a 30 años y de 50 a 59 años. Se abastecen de agua por pilón de uso público y red pública fuera de la vivienda. Cuentan con servicios higiénicos por pozo séptico y tienen una red pública de desagüe fuera de la vivienda. La energía eléctrica en la vivienda es por alumbrado con generador eléctrico y por red de energía pública fuera de la casa. Además, se ubican entre los 100 a 1000 metros de un fenómeno natural y la vía está entre tres a cinco metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son automóviles, camionetas, motocicletas o vehículos de transporte de mercancías peligrosas y van a una velocidad entre 90 km/h a 70 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es la secundaria a técnica superior. La familia sale de la vivienda ante la ocurrencia de fenómenos naturales o se ubica en las columnas, muros de contención. No sabe diferenciar entre los diferentes tipos de fenómenos naturales y tiene conocimientos sobre fenómenos naturales, pero no sabe que hacer ante la ocurrencia de estos. En la vía existe señalización, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones, pero no da tiempo suficiente para responder adecuadamente, Los conductores tienen entre tres a cinco años de experiencia y tiene conocimientos sobre primeros auxilios, aplicó más de dos veces con familiares o amigos. La manera de tratar la salud, es consulta con amigos o familiares, a veces asiste a un centro de salud estatal. Las empresas de transportes es formal que cuenta con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos, pero tiene el seguro vencido.</p> <p>El material de construcción es de quincha o adobe, su estado de conservación es de regular a buena. Además, el jefe de familia, aunque la semana pasada no trabajó, tiene algún negocio propio y tenía trabajo fijo. El ingreso familiar está entre los 265 a 3000 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de papa y hortalizas. La vía es una carretera de primera clase que soportan de 2001 a 4000 veh/ día y existen de cunetas tanto en la carretera como medida preventiva del fenómeno natural. Además de presentar estructuras de protección como muros de contención, diques u otros. El riego de los cultivos es por el método de melgas o goteo. Con respecto a la capacidad económica alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos. La tenencia de la propiedad es alquilada o propia parcialmente pagada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos a veces están indecisos y otras veces están de acuerdo en ayudarme. La vía tiene mantenimiento mensual y existen postes S.O.S. a una distancia de 11 a 100 km.</p> <p>Deposita basura en los puntos de acopio permitidos y clasifica los residuos sólidos. Con respecto a la adaptabilidad climática percibe problemas relacionados al clima y conoce estrategias, pero no puede financiarlas. Hace prácticas de degradación de la fauna en márgenes de la carretera, las actividades son de baja intensidad con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad. La última capacitación en temas de Gestión del Riesgo está entre once meses y tres años como máximo. Algunos creen que la junta directiva de mi barrio es eficiente y activa, otros creen que es indiferente e indecisa. Parte de la población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial. Por otra parte, hay pobladores que se capacitan constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.</p> <p>Zonas con presencia de fenómenos naturales pequeños a muy pequeños con volúmenes entre 500 a 50 000 m<sup>3</sup>, con una velocidad moderada a lenta de 5x10<sup>-3</sup> a 5x10<sup>-5</sup> mm/s.f. (desplazamiento de 13 m/mes a 1.6 m/año) y un tipo de actividad reactivado y latente. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias moderadas en los meses de abril, septiembre y octubre donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel moderado y leve (nivel IV y III respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan flujos de barro y desprendimientos producidos por sismos entre 4.0 y 5.0 en la escala sismológica de Richter.</p>	0.0070	≤ R <	0.0245	RIESGO MEDIO
RIESGO BAJO	<p>Grupo etario de 31 a 49 años. Se abastecen de agua por red pública dentro de la vivienda (agua potable). Cuentan con servicios higiénicos por red pública de desagüe dentro de la vivienda. La energía eléctrica en la vivienda es por red de energía pública dentro de la casa. Además, se ubican a más de los 1000 metros de un fenómeno natural y la vía está a más de cinco metros del talud. Los vehículos que transitan por la vía son vehículos de carga y van a una velocidad menor a 70 km/h. El grado de instrucción del jefe de familia es universitaria. La familia conoce zonas seguras ante la ocurrencia de fenómenos naturales. Tiene conocimientos sobre fenómenos naturales y sabe que hacer ante la ocurrencia de estos. En la vía existe señalización vial, advierte la existencia de fenómenos naturales, se encuentra en buenas condiciones. Da tiempo suficiente para responder adecuadamente. Los conductores tienen más de cinco años de experiencia y tiene conocimientos sobre primeros auxilios y está en constante práctica. Tiene la práctica de un paramédico. La manera de tratar la salud, es asistir a una clínica particular. Las empresas de transportes son formales que cuentan con botiquín de primeros auxilios y tiene cinturones de seguridad en todos los asientos. El seguro está habilitado.</p> <p>El material de construcción es de ladrillo o bloque de cemento, su estado de conservación es muy buena. Además, el jefe de familia cuenta con trabajo estable esta semana. El ingreso familiar es mayor a los 3000 soles mensuales. Las áreas agrícolas son de cultivos de avena, cebada y trigo. La vía es una autopista que soportan &gt; a 4000 veh/ día. Además de presentar un buen sistema de drenaje tanto en la vía como medida preventiva del fenómeno natural, también presenta estructuras de protección como muros de contención, diques u otros. El riego de los cultivos es por el método tecnificado por aspersión. Con respecto a la capacidad económica alcanza para cubrir los alimentos y medicamentos además permite ahorrar. La tenencia de la propiedad es propia totalmente pagada. Cuando tengo problemas económicos o de otro tipo mis vecinos o amigos más cercanos están totalmente de acuerdo en ayudarme. La vía tiene mantenimiento semanal y existen postes S.O.S. a una distancia de 10 km.</p> <p>Clasifica y recicla los residuos sólidos antes de dejarlos en el camión. Con respecto a la adaptabilidad climática aplica en la actualidad estrategias de adaptabilidad a climas cambiantes e intensos. Hace prácticas en márgenes de la carretera con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental. La última capacitación en temas de Gestión del Riesgo está entre seis meses y un año máximo. La junta directiva de mi barrio es eficiente y activa. La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.</p> <p>Zonas con presencia de fenómenos naturales extremadamente pequeños con volúmenes menores a 500 m<sup>3</sup>, con una velocidad muy lenta de 5x10<sup>-7</sup> mm/s.f. (desplazamiento de 16 mm/año) y un tipo de actividad inactivo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias ligeras en los meses de mayo, junio, julio y agosto donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy leve (nivel II respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan extensiones laterales producidos por sismos entre 5.0 en la escala sismológica de Richter.</p>	0.0010	≤ R <	0.0070	RIESGO BAJO



## 10.5. Control de Riesgo

### 10.5.1. Aceptabilidad y tolerancia del riesgo

Peligro : Movimientos de Masas

Tipo de Peligro : Movimientos de Masas

Tipo de Fenómeno : Geodinámica externa

#### a. Valoración de consecuencias:

#### ALTA

De acuerdo a Villacorta et al. (2015b) la mayoría de los movimientos de masas son peligros ya que bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso.

**Tabla 10. 4 Valoración de consecuencias. Fuente CENEPRED.**

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Del tabla anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo, es decir, posee el nivel 3 - Alto.

#### b. Valoración de frecuencia:

#### ALTA

Según Zavala et al (2012), los movimientos de masas son muy recurrentes por lo que la valoración de la recurrencia seria alta.

En la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro (km 8+900 - 25+900), se encuentran zonas con presencia de fenómenos naturales moderadamente grandes con volúmenes entre 250 000 a 5 000 000  $m^3$ , con una velocidad extremadamente rápida de  $5 \times 10^3$  mm/s.f. (desplazamiento de 5 m/seg.) y un tipo de actividad activo-activo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses de enero, febrero y marzo donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy fuerte y fuerte (niveles VII y VI respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan movimientos complejos y deslizamientos traslacionales producidos por sismos mayores a 6.0 en la escala sismológica de Richter.

**Tabla 10. 5 Valoración de la frecuencia de ocurrencias. Fuente: CENEPRED.**

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.



Del cuadro anterior, se obtiene que los eventos de movimientos de masas pueden ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 3 – Alta.

**c. Nivel de consecuencia y daños**

**ALTA**

El nivel alto se obtiene de la intersección de la Consecuencia y Frecuencia Alta.

**Tabla 10. 6** Nivel de Consecuencias y Daños. Fuente: Propia.

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de nivel 3 – Alta.

**d. Aceptabilidad y/o tolerancia:**

**INACEPTABLE**

Al obtener el nivel de consecuencia y daño Alta, observamos en el siguiente cuadro que la aceptabilidad y/o tolerancia es **INACEPTABLE**.

En la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro (km 8+900 - 25+900), se encuentran zonas con presencia de fenómenos naturales moderadamente grandes con volúmenes entre 250 000 a 5 000 000  $m^3$ , con una velocidad extremadamente rápida de  $5 \times 10^3$  mm/s.f. (desplazamiento de 5 m/seg.) y un tipo de actividad activo-activo. Además, son zonas donde la precipitación tiene presencia de lluvias fuertes en los meses de enero, febrero y marzo donde se incrementan la ocurrencia de estos fenómenos naturales. Son zonas donde las intensidades sísmicas generadas con respecto al sismo del 28 de septiembre del 2014 de la falla Misca, tienen un nivel muy fuerte y fuerte (niveles VII y VI respectivamente en la escala sismológica de Mercalli), siendo estos los que causan el desencadenamiento de fenómenos geodinámicos externos. Finalmente se puede resaltar que mayormente son zonas que presentan movimientos complejos y deslizamientos traslacionales producidos por sismos mayores a 6.0 en la escala sismológica de Richter.

**Tabla 10. 7** Aceptabilidad y/o tolerancia. Fuente: CENEPRED.

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por movimientos de masas sea de nivel 3 – Inaceptable.



#### e. Matriz del nivel de aceptabilidad y/o tolerancia:

Conociendo la reacción de las personas y conscientes de que no pueden ser reasentadas aceptan convivir con el peligro. Por lo que es necesario que la municipalidad distrital de Paruro deberá elaborar el Plan de Prevención para Reducir los efectos del peligro, así mismo deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

**Tabla 10. 8 Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo. Fuente: CENEPRED**

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

#### f. Prioridad de intervención

Se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

En el cuadro se observa la matriz de aceptabilidad y tolerancia, considerando que riesgo cero o nulo no existe, se plantea medidas de tipo estructural y no estructural de acuerdo al nivel de priorización siguiente:

Monitorear los fenómenos por movimientos de masas para la aplicación de la ley de reasentamiento poblacional para zonas de riesgo Muy Alto No Mitigable (Ley N° 29869).

**Tabla 10. 9 Prioridad de intervención. Fuente: CENEPRED.**

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Del cuadro anterior se obtiene que el nivel de priorización es II, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres.

Los posibles daños por el riesgo son **INADMISIBLES**, por tanto, es aconsejable reducir la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible, de lo contrario se deben implementar controles de prevención para evitar la probabilidad del riesgo, de protección para disminuir el Impacto o compartir o transferir el riesgo si es posible a través de pólizas de seguros u otras opciones que estén disponibles.

### 10.6. Medidas de prevención y Mitigación

#### 10.6.1. Medidas Estructurales

Para dar adecuadas medidas de prevención y mitigación se tiene que tener en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes. En la medida que reduzcamos las influencias de estos factores garantizaremos un adecuado control de prevención y mitigación.

#### Medidas de mitigación y prevención para Desprendimientos

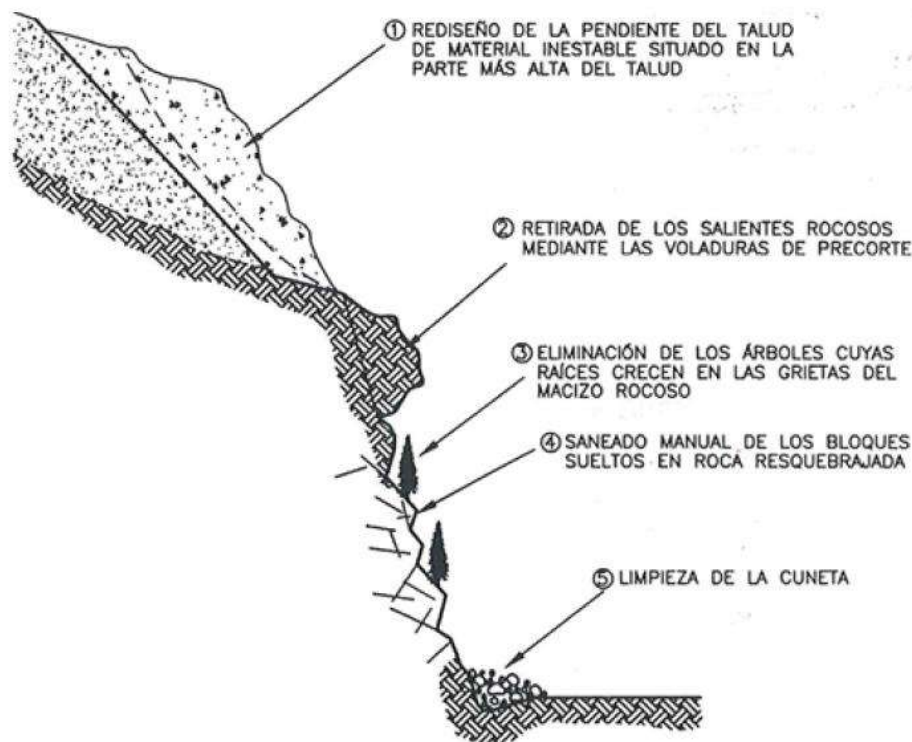
Estos fenómenos ocurren sobre todo en pendiente > a 75 %, por lo tanto, se debe de reducir la pendiente, si los taludes superan los 15 m. de altura se deben plantear la construcción de banquetas. Se debe realizar una limpieza, eliminando los depósitos de materiales sueltos. Estos procesos también se dan debido al grado



de fracturación del material litológico y su buzamiento contra la pendiente. Para corregir esto factores se plantea una corrección superficial, ya sea mediante geotextiles o geomallas o mediante concreto proyectado.

### Medidas de mitigación y prevención para Flujos

El factor principal en este tipo de fenómenos es el agua, para ello se deben construir drenes superficiales en las cabeceras para recolectar las aguas que descienden producto de la escorrentía superficial. También se debe reforestar las áreas descubiertas para impedir la infiltración del agua y consecuentemente la saturación del suelo. Si la causa de los flujos son los manantes, estos deben ser captados y canalizados.



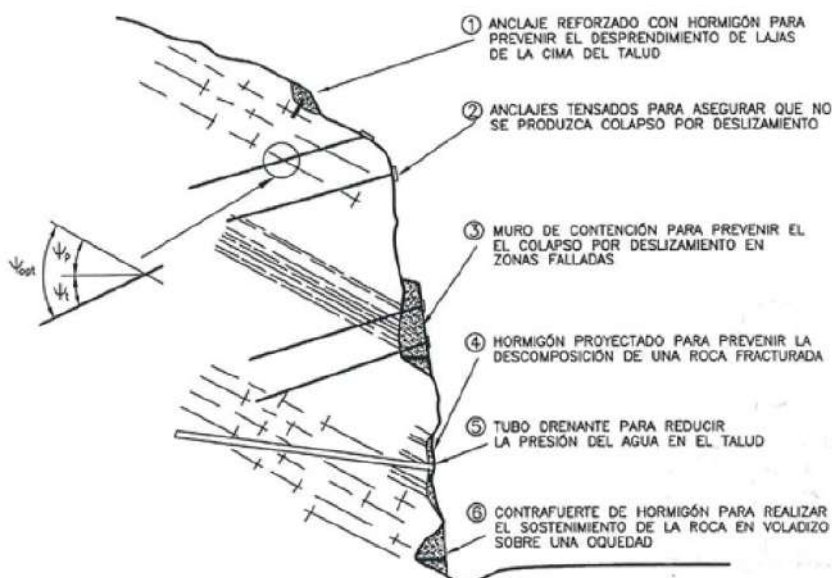
**Ilustración 10. 2** *Métodos de retirada de rocas para la estabilización de taludes (Wyllie y Norrish, 1996, en Manual de estabilización y revegetación de taludes, 1999).*

### Medidas de mitigación y prevención para Deslizamientos Rotacionales.

En este tipo de fenómenos también juega un papel importante el agua, para ello se deben construir drenes superficiales en las cabeceras para recolectar las aguas que descienden producto de la escorrentía superficial, en los lugares donde ya existan estos drenes se debe verificar su funcionalidad, puede ser que se encuentren colmatados de sedimentos o fracturados, lo que no permite que cumplan con su función. Si los taludes fueran de elevada altura se puede reducir el peso de las cabeceras realizando cortes a manera de banquetas, no olvidando los drenes superficiales en cada banqueta y drenado las aguas fuera del deslizamiento. Algunos deslizamientos se pueden estabilizar con la construcción de muros, estos pueden ser muros de gaviones, Muros de gravedad (hormigón en masa), Muros aligerados (concreto ciclópeo), etc.

### Medidas de mitigación y prevención para Deslizamientos Traslacionales

Este tipo de fenómeno se da sobre todo en afloramientos rocosos cuya estratificación se encuentra a favor de la pendiente. Para prevenir o mitigar sus daños se debe canalizar las aguas superficiales mediante drenes superficiales en las cabeceras de estos deslizamiento, también se plantea la alternativa de anclajes y geomallas o geotextiles.



**Ilustración 10. 3** Medidas de refuerzo de los taludes excavados en roca (Wyllie y Norrish, 1996, en *Manual de estabilización y revegetación de taludes*, 1999).

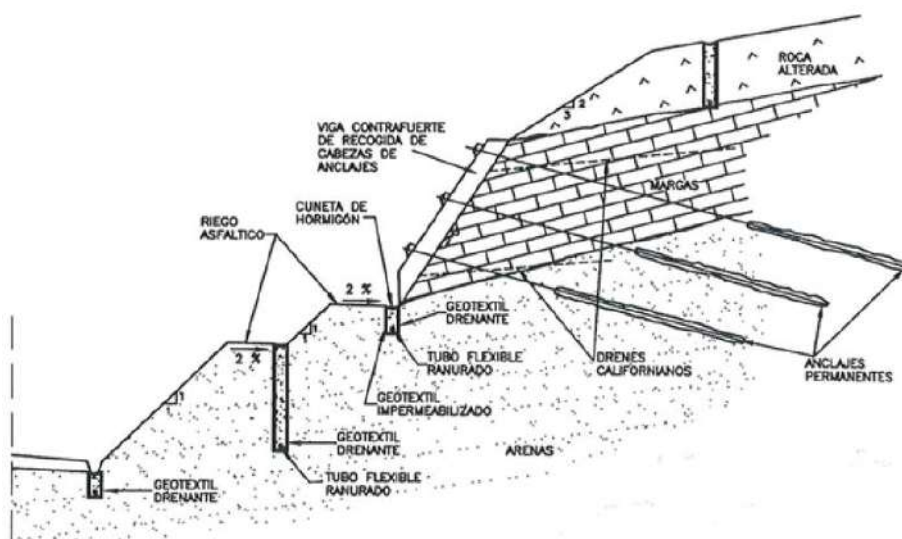
### Medidas de mitigación y prevención para Movimientos Complejos

Como estos movimientos involucran varios factores de diferentes tipos de movimientos, se plantean soluciones mixtas.

#### 10.6.2. Medidas No Estructurales

La carretera es usada por empresas de transporte para trasladar a personas desde la ciudad del Cusco hacia las diferentes provincias de Paruro. Se debe exigir a estas empresas la formalización, y una capacitación a los choferes para que sepan cómo actuar ante desastres naturales causados por fenómenos geodinámicos externos: respeto por las señales de tránsito, respetando sobre todo la velocidad, el número de pasajeros máximo permitido, cómo pedir auxilio y a quien se debe hacer, atención a heridos, etc.

Charlas en los colegios a los estudiantes y padres de familia para que sepan actuar antes estos tipos de desastres.

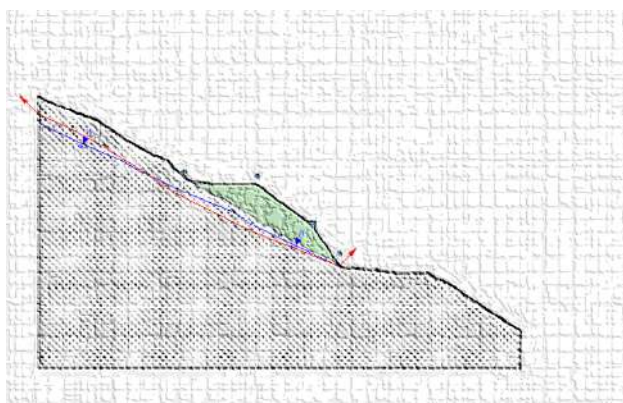


**Ilustración 10. 4** Medidas de estabilización de un talud mixto (Uriel et al., 1996, en *Manual de estabilización y revegetación de taludes*, 1999).



## 10.7. Análisis de Estabilidad de Taludes

### Sección A-A (Tramo 24+980 - Deslizamiento traslacional)



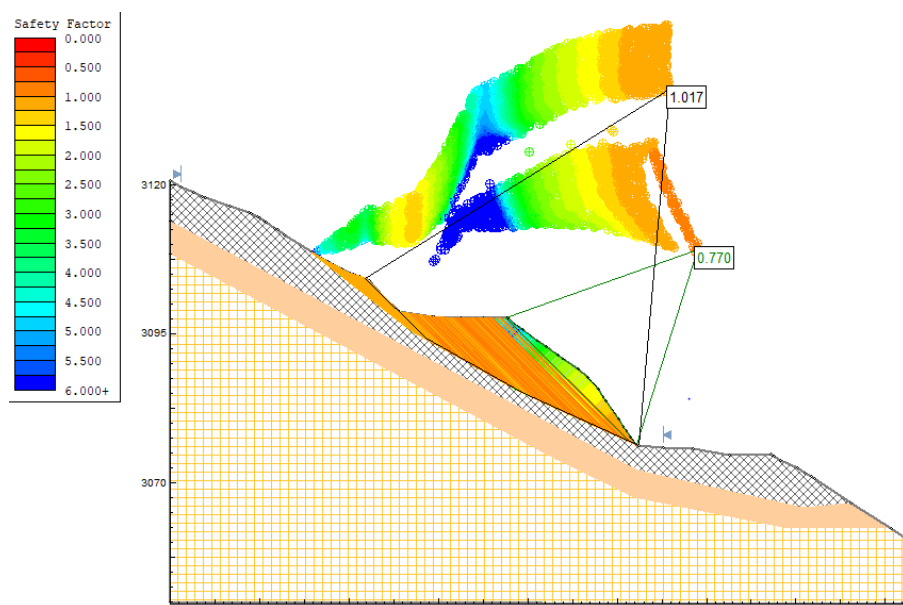
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

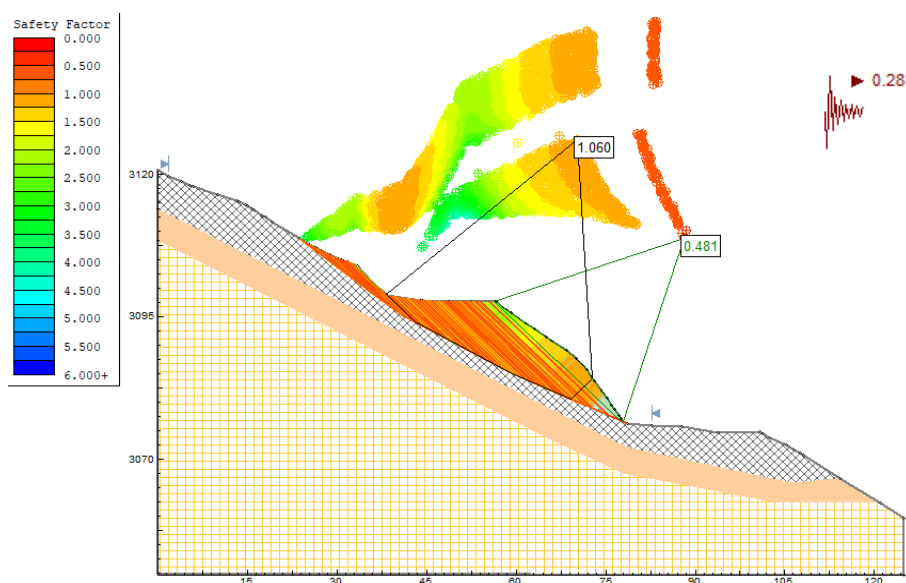
### Perfil A-A: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 1.017

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca 1		25.49	Hoek-Brown			1172	0.218	3.84e-005	Water Surface	Constant
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	36				Water Surface	Constant
Arenisca 2		24.49	Hoek-Brown			1172	0.442	0.001	Water Surface	Constant
Arenisca 3		25.5	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	Water Surface	Constant



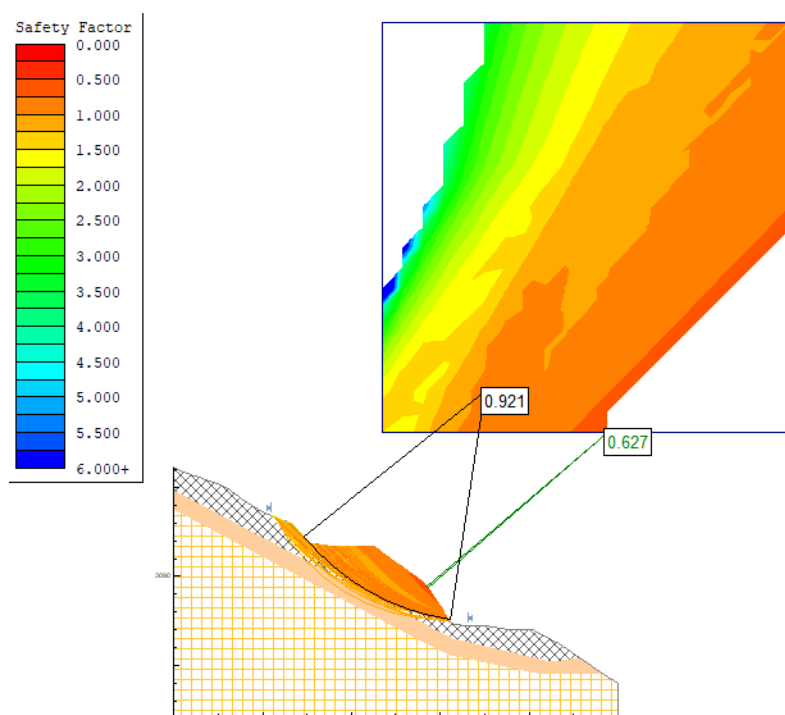
### Perfil A-A: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.060

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca 1		25.49	Hoek-Brown			1172	0.218	3.84e-005	Water Surface	Constant
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	36				Water Surface	Constant
Arenisca 2		24.49	Hoek-Brown			1172	0.442	0.001	Water Surface	Constant
Arenisca 3		25.5	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	Water Surface	Constant



**Perfil A-A: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 0.921**

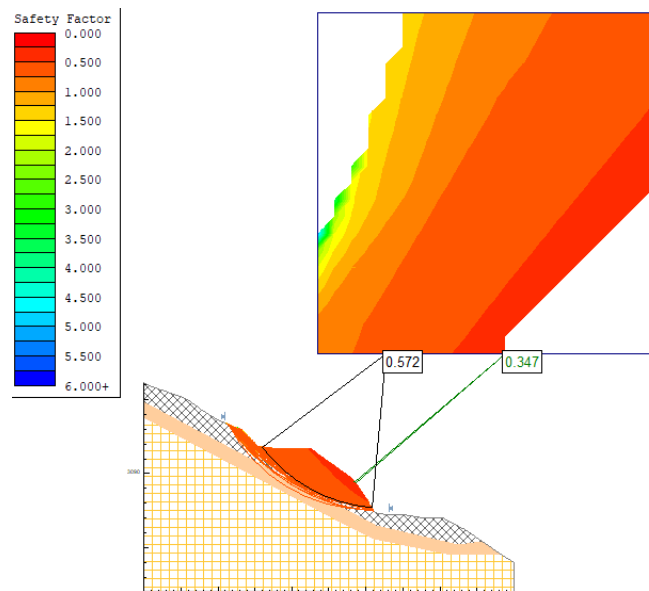
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca 1		25.49	Hoek-Brown			1172	0.218	3.84e-005	Water Surface	Constant
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	36				Water Surface	Constant
Arenisca 2		24.49	Hoek-Brown			1172	0.442	0.001	Water Surface	Constant
Arenisca 3		25.5	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	Water Surface	Constant



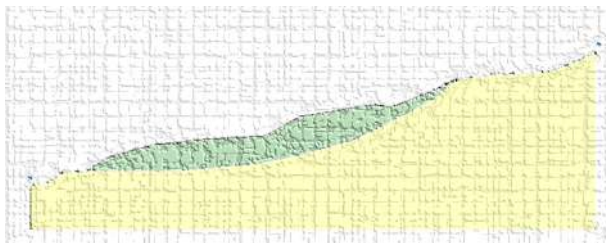
**Perfil A-A: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.572**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca 1		25.49	Hoek-Brown			1172	0.218	3.84e-005	Water Surface	Constant
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	36				Water Surface	Constant
Arenisca 2		24.49	Hoek-Brown			1172	0.442	0.001	Water Surface	Constant
Arenisca 3		25.5	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	Water Surface	Constant





Sección B-B (Tramo 24+780 - Deslizamiento rotacional)



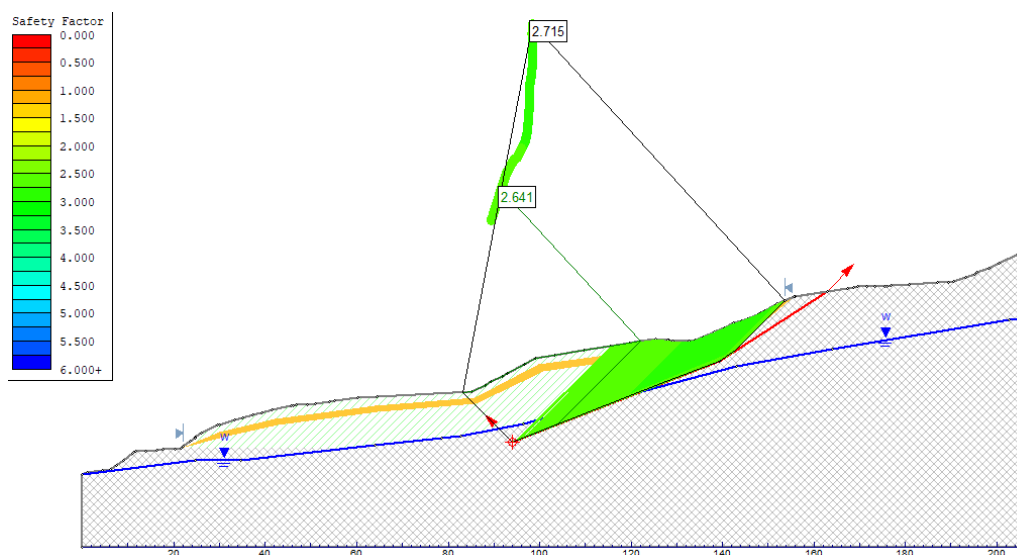
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

**Perfil B-B: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 2.715**

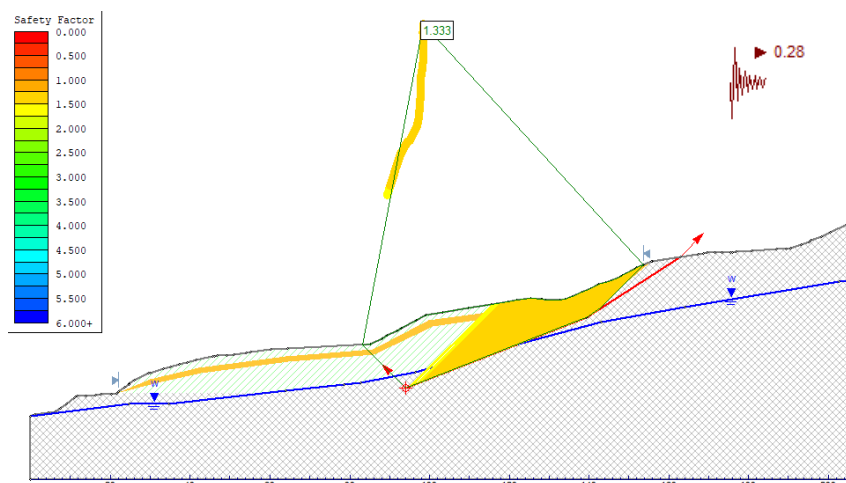
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Sat. Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca Paruro I		25.49	26	Hoek-Brown			1172	0.445	0.0002	Water Surface	Constant
Arcilla arenosa		17.65	20	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59		Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant





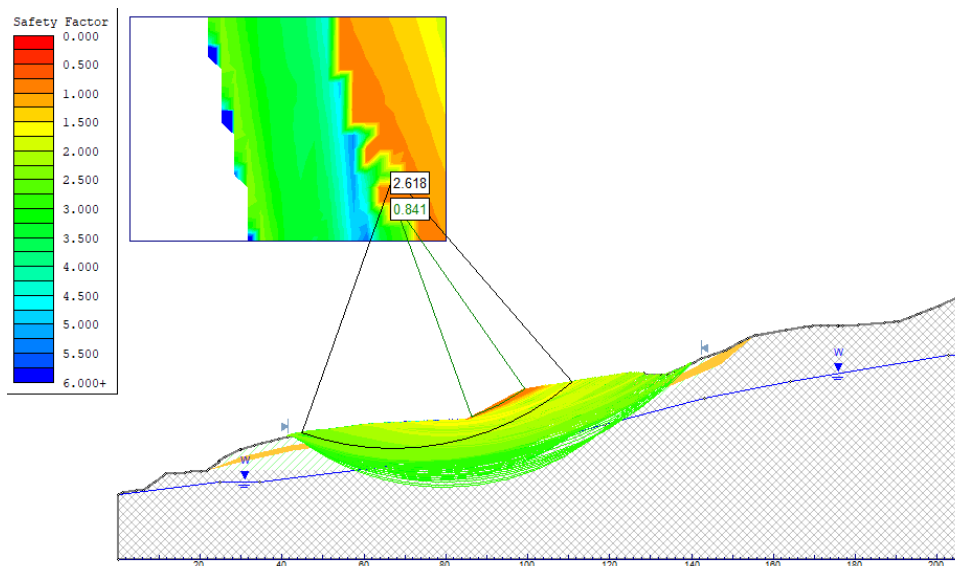
### Perfil B-B: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S= 1.333

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca Paruro I		25.49	26	Hoek-Brown			1172	0.445	0.0002	Water Surface	Constant
Arcilla arenosa		17.65	20	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59		Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant



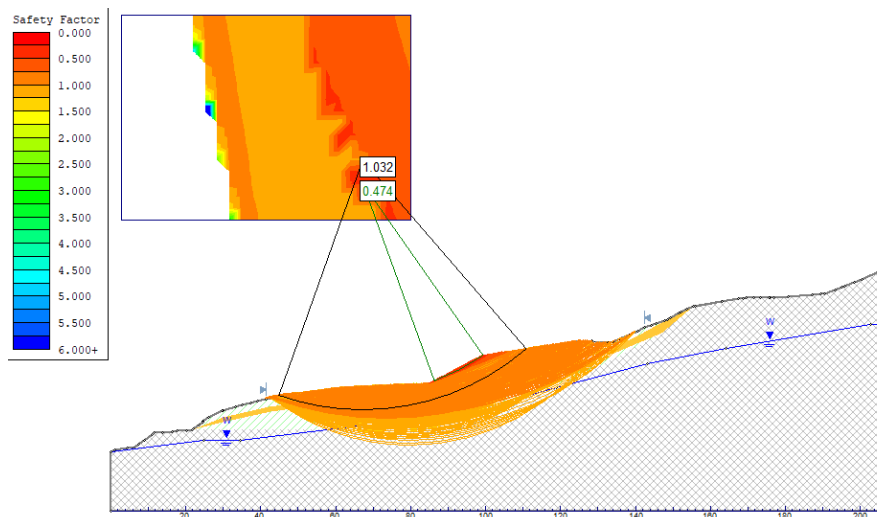
### Perfil B-B: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 2.618

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca Paruro I		25.49	26	Hoek Brown			1172	0.445	0.0002	Water Surface	Constant
Arcilla arenosa		17.65	20	Mohr Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59		Mohr Coulomb	0	38				Water Surface	Constant



### Perfil B-B: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.032

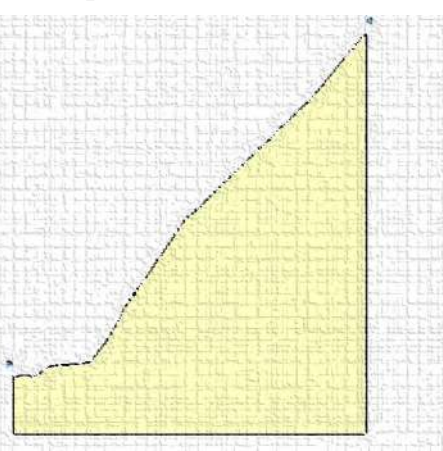
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca Paruro I		25.49	26	Hoek Brown			1172	0.445	0.0002	Water Surface	Constant
Arcilla arenosa		17.65	20	Mohr Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59		Mohr Coulomb	0	38				Water Surface	Constant



Sección C-C (Tramo 19+970 - Desprendimientos)



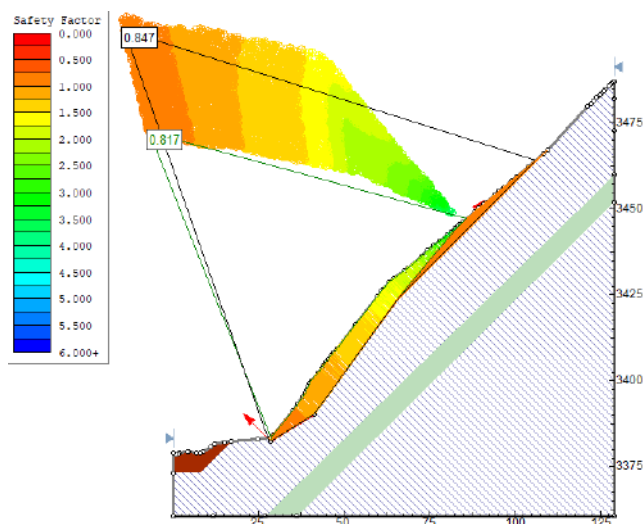
Fotografía del perfil



Perfil del terreno

**Perfil C-C: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 0.847**

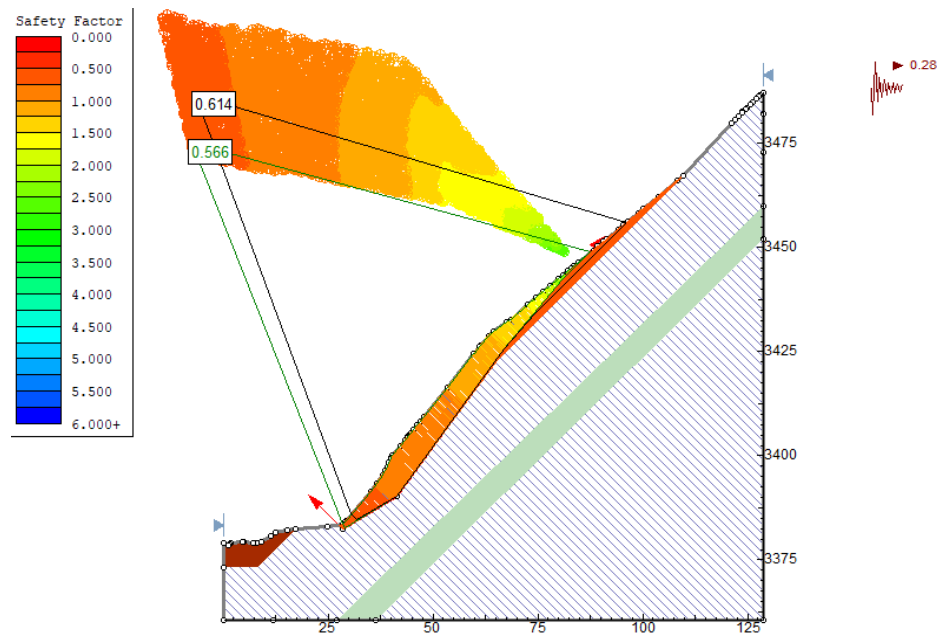
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Conglomerados		25	Hoek-Brown			1190	0.59	0.0002	None	0
Arenisca		24	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0



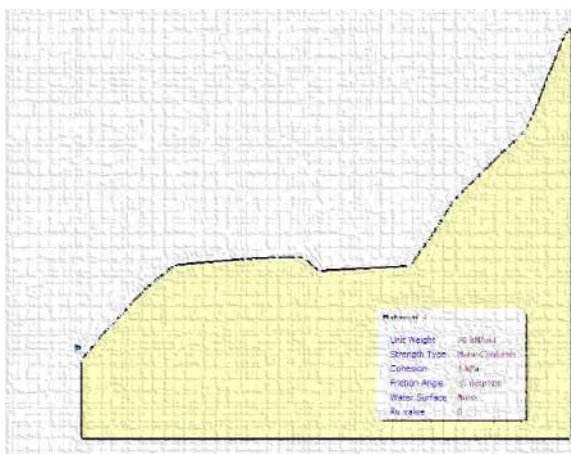


### Perfil C-C: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.614

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Conglomerados		25	Hoek-Brown			1190	0.59	0.0002	None	0
Arenisca		24	Hoek-Brown			1172	0.445	0.002	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0



### Sección D-D (Tramo 19+900 - Desprendimientos)



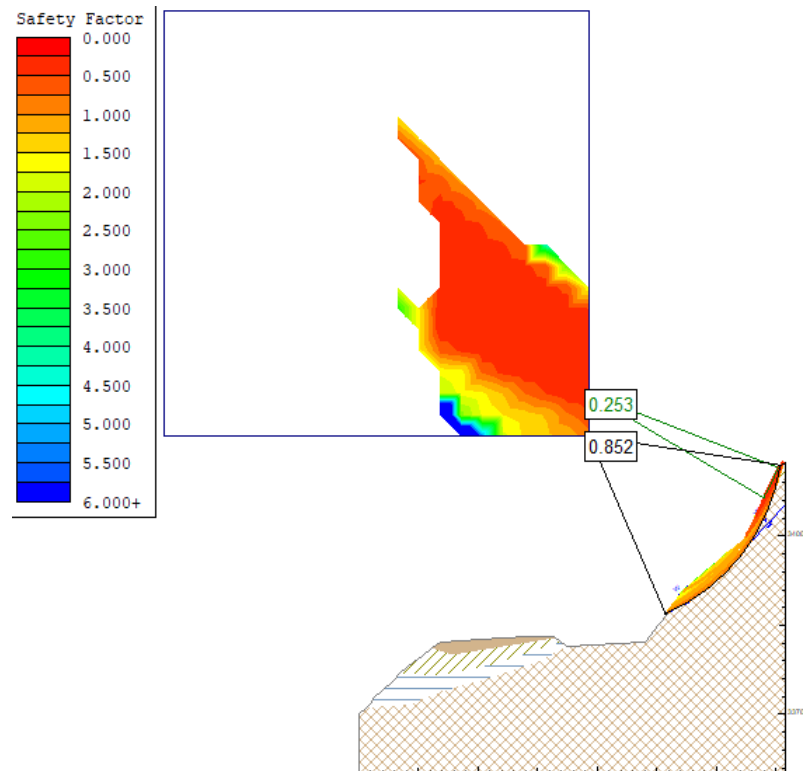
Perfil del terreno

Fotografía del perfil

### Perfil D-D: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 0.852

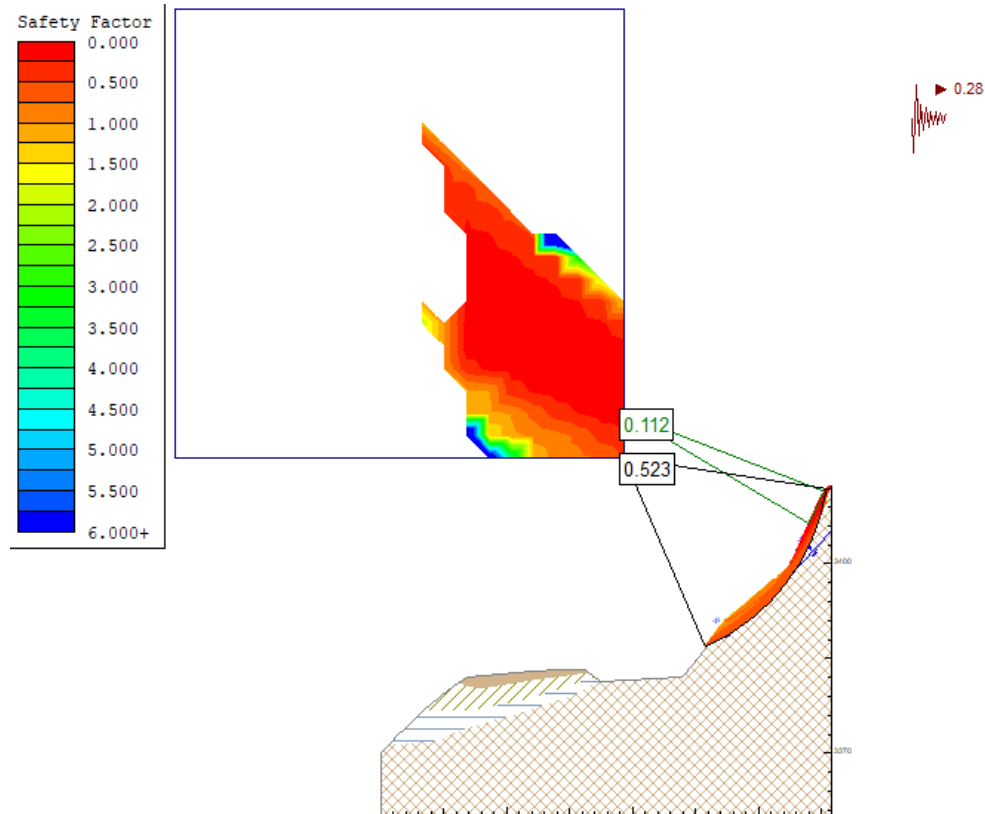
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Turba		7.84	Mohr-Coulomb	0	15				Water Surface	Constant
Arcilla Arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arenosa limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant
Arenisca		24	Hoek-Brown			1172	0.311	0.0001	Water Surface	Constant





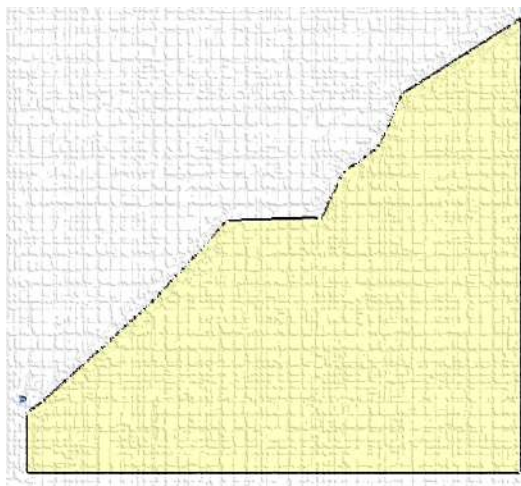
**Perfil D-D: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.523**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	Water Surface	Hu Type
Turba		7.84	Mohr-Coulomb	0	15				Water Surface	Constant
Arcilla Arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Grava arenosa limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant
Arenisca		24	Hoek-Brown			1172	0.311	0.0001	Water Surface	Constant





### Sección E-E (Tramo 17+740 - Desprendimientos)



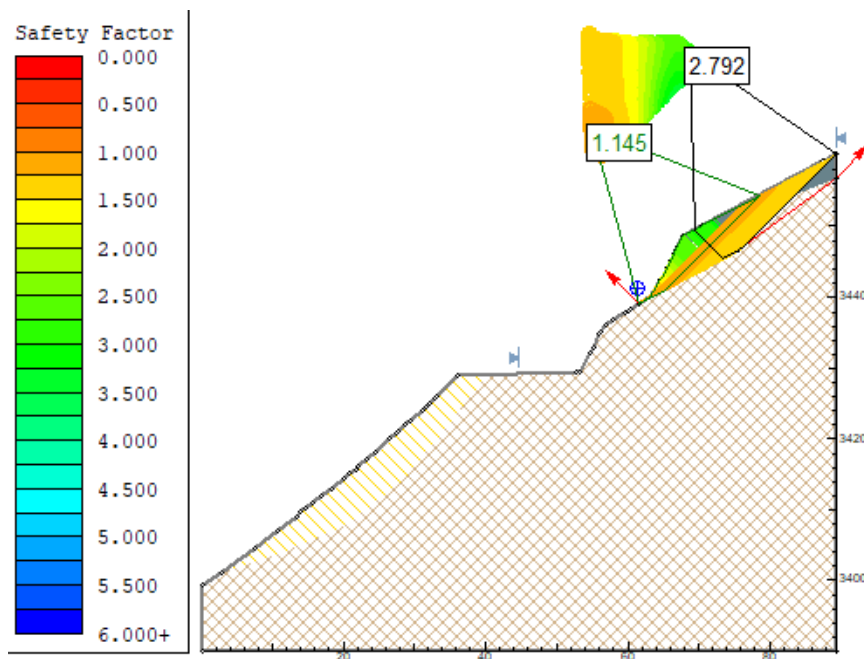
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

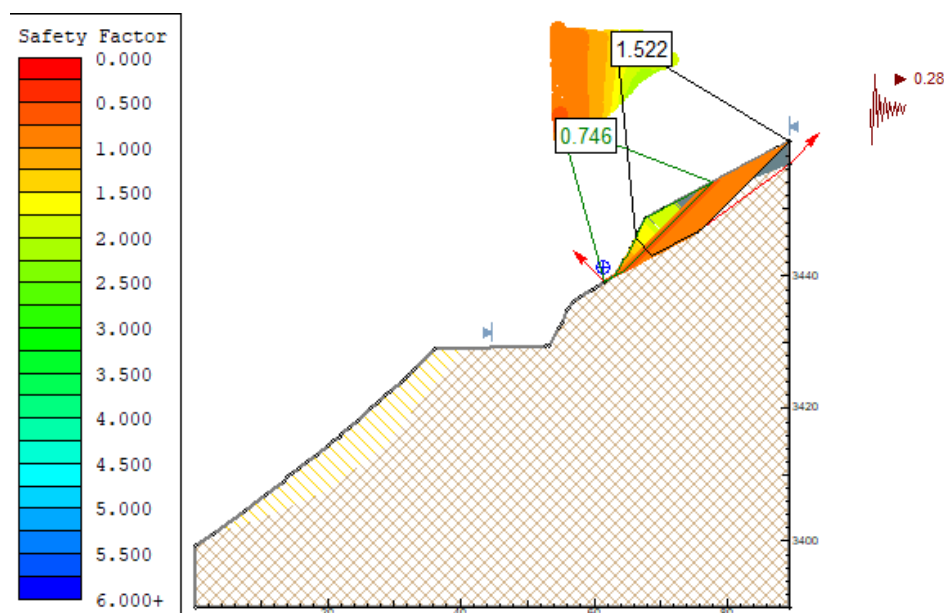
#### Perfil E-E: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 2.792

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Acilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



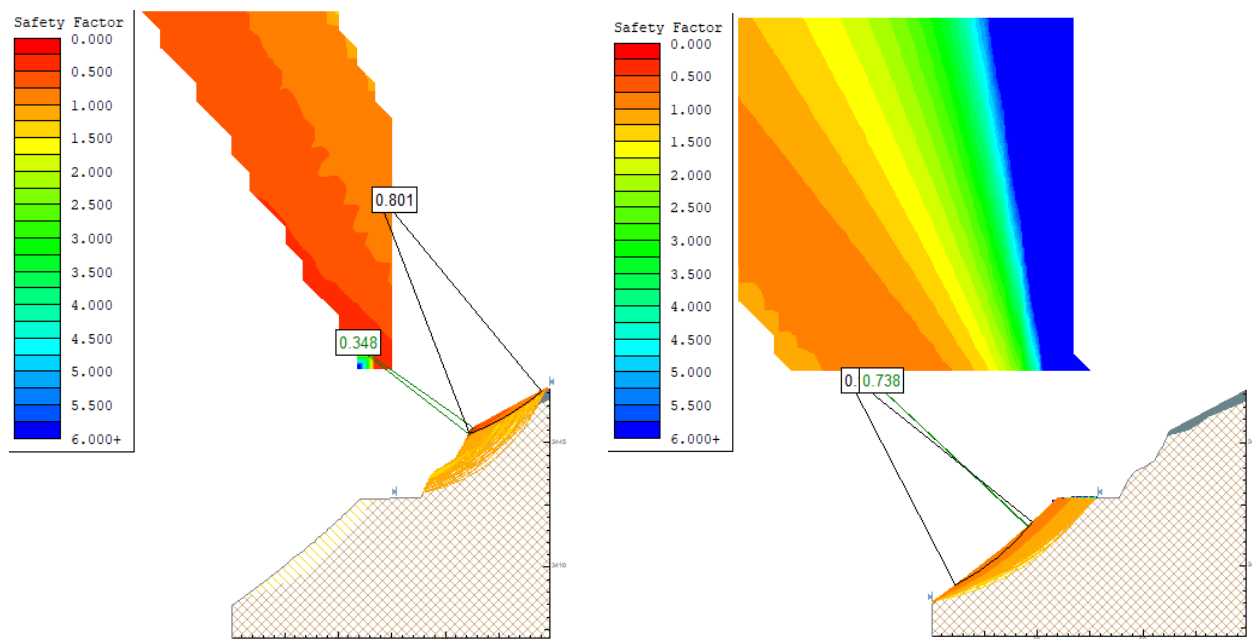
#### Perfil E-E: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.522

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Acilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



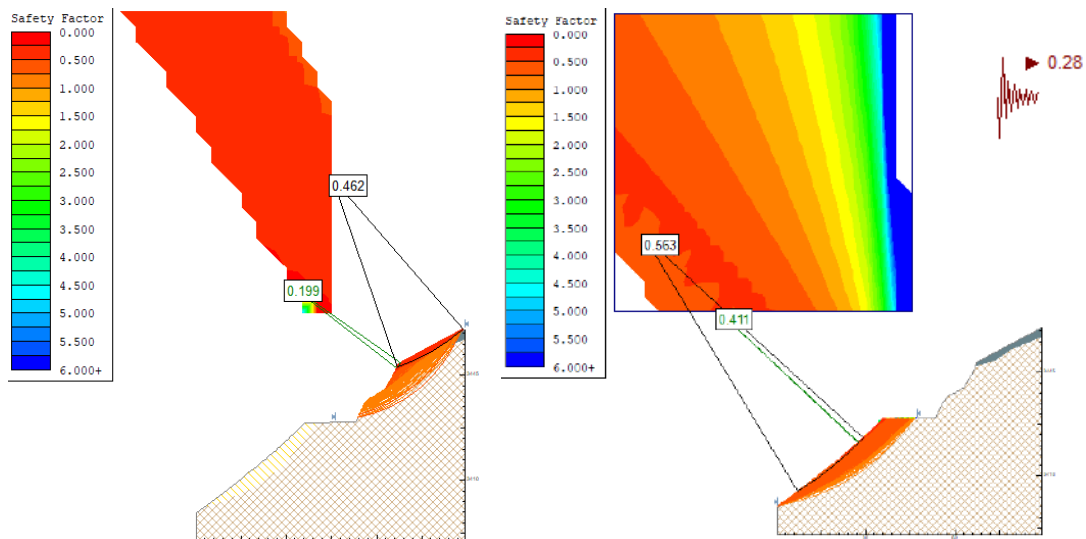
**Perfil E-E: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 0.801; 0.991**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Acilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



**Perfil E-E: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.462; 0.563**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Acilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



Sección F-F (Tramo 17+470 - Deslizamiento traslacional )



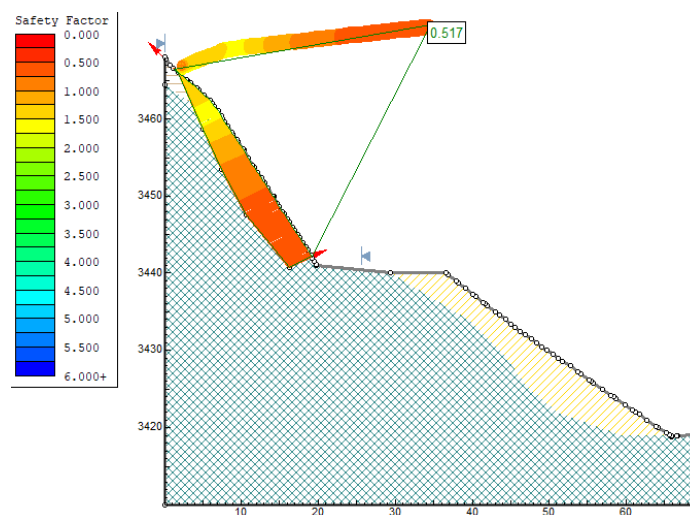
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

Perfil F-F: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 0.517

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arenisca		23.5	Hoek-Brown			1160	0.08	3.73e-006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0

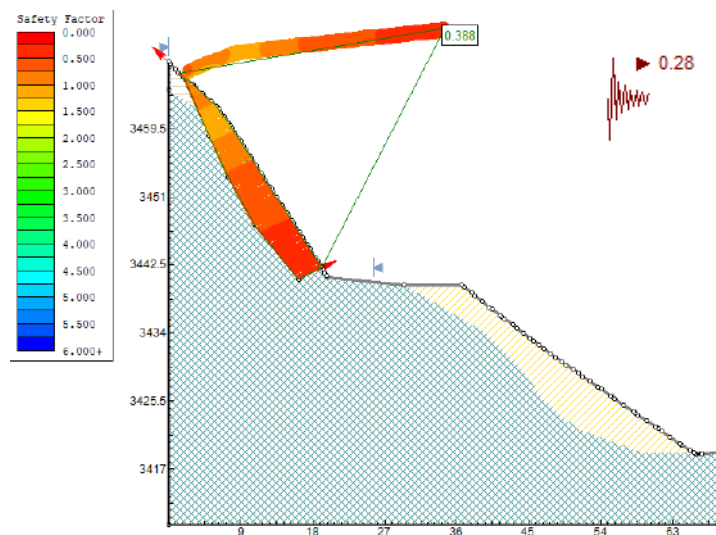






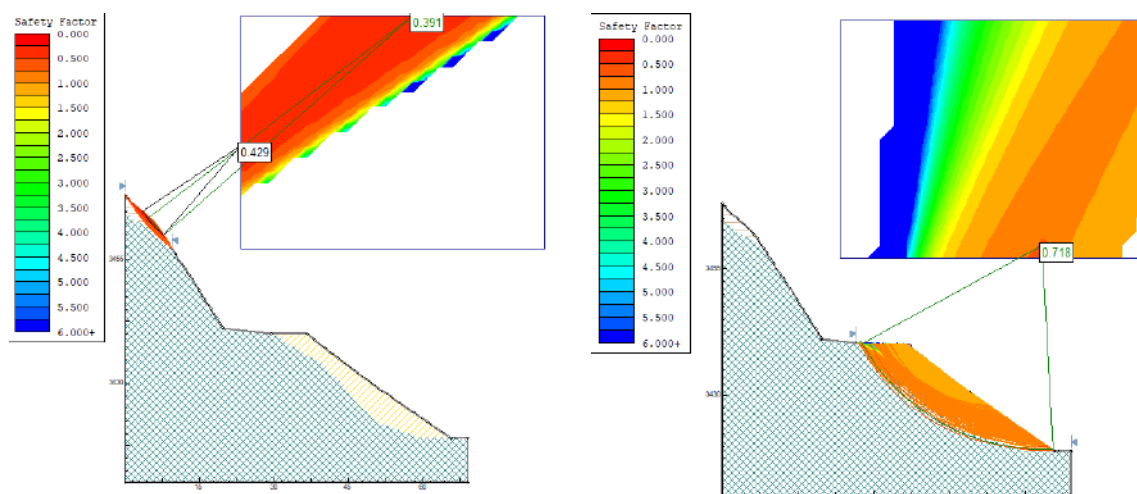
### Perfil F-F: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.388

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arenisca		23.5	Hoek-Brown			1160	0.08	3.73e-006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0



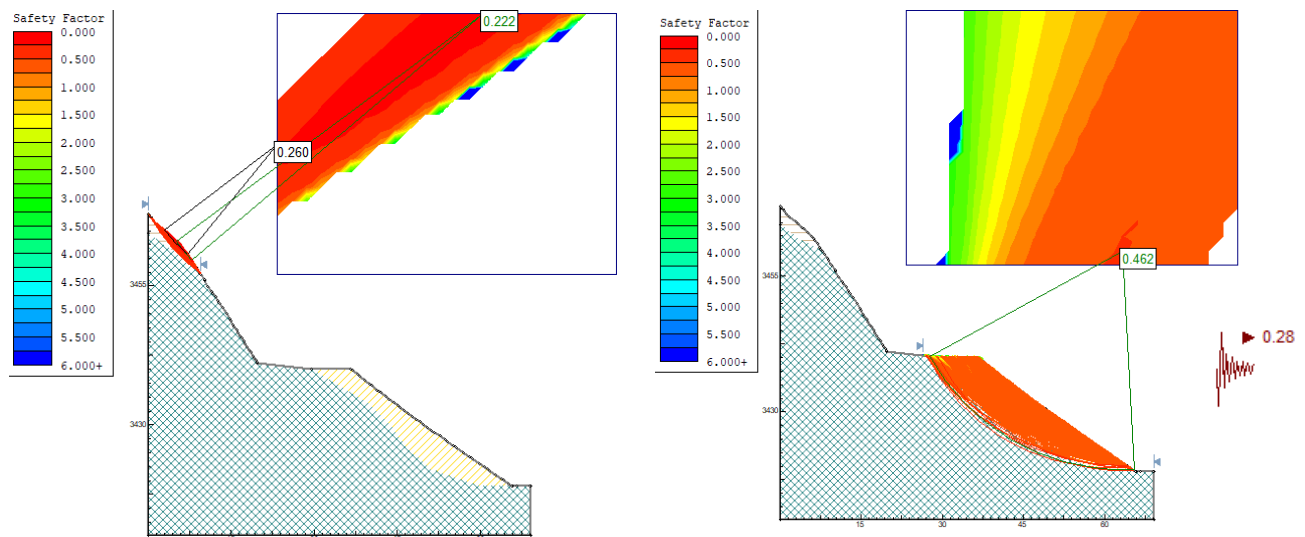
### Perfil F-F: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 2.618

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arenisca		23.5	Hoek-Brown			1160	0.08	3.73e-006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0

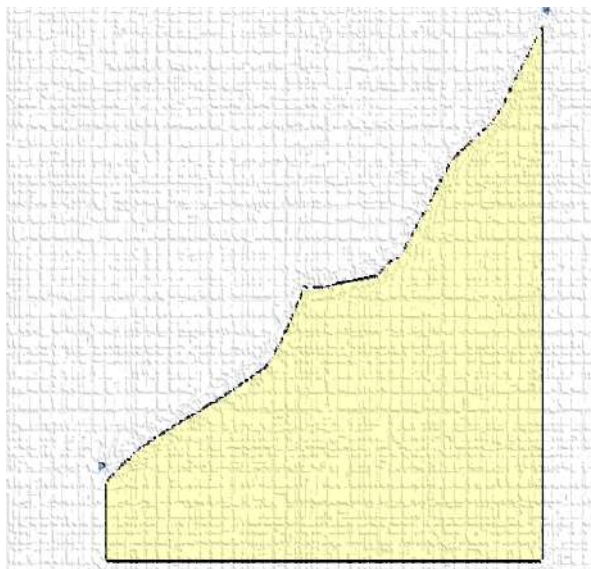


### Perfil F-F: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.032

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arenisca		23.5	Hoek-Brown			1160	0.08	3.73e-006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0



Sección G-G (Tramo 15+060 - Deslizamiento traslacional )



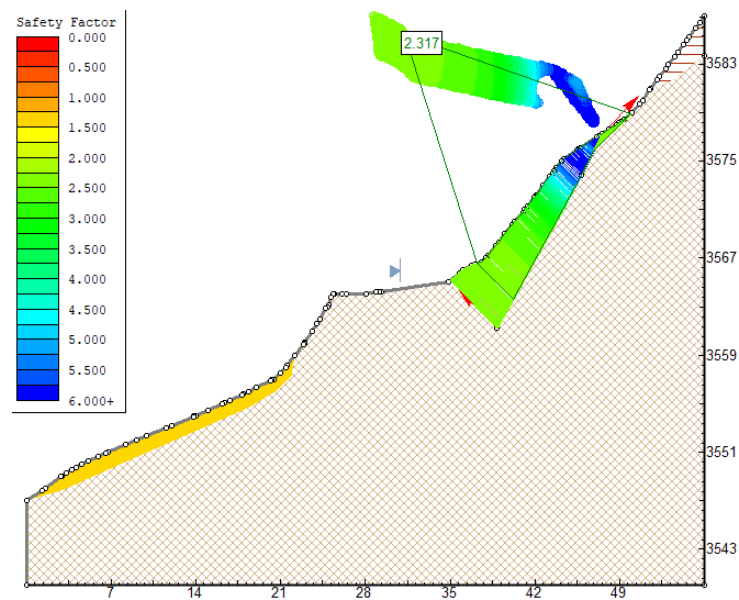
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

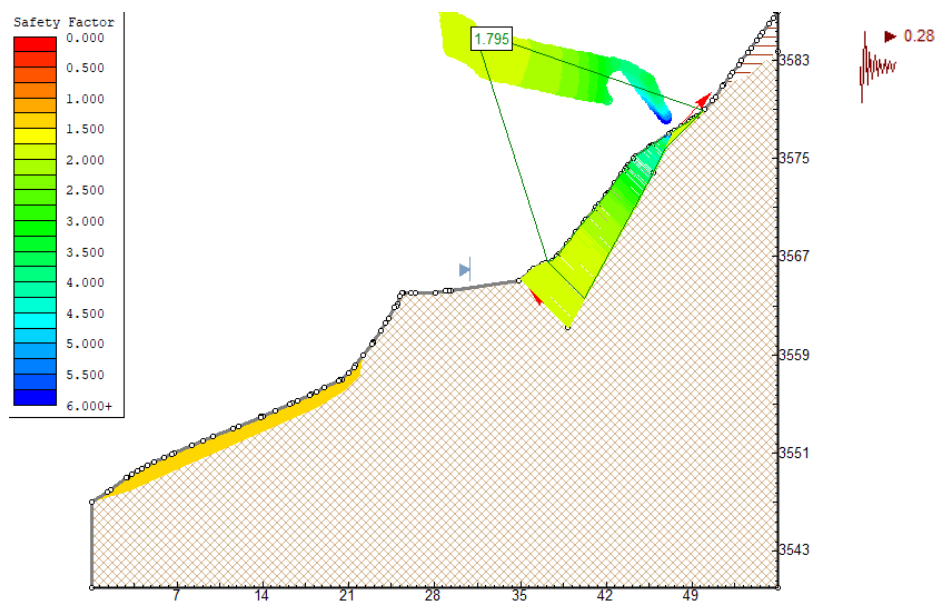
Perfil G-G: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 2.317

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



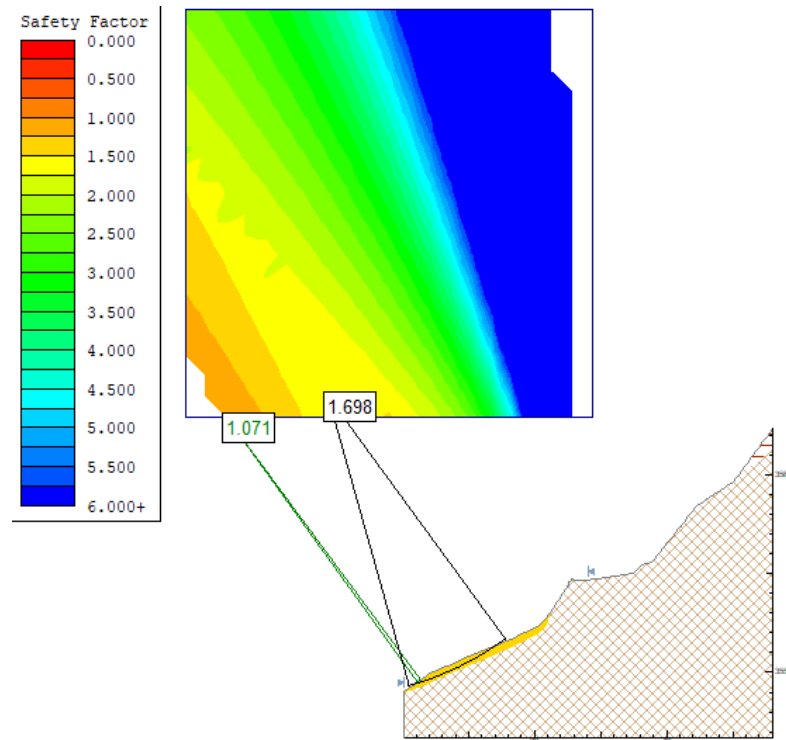
**Perfil G-G: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.795**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



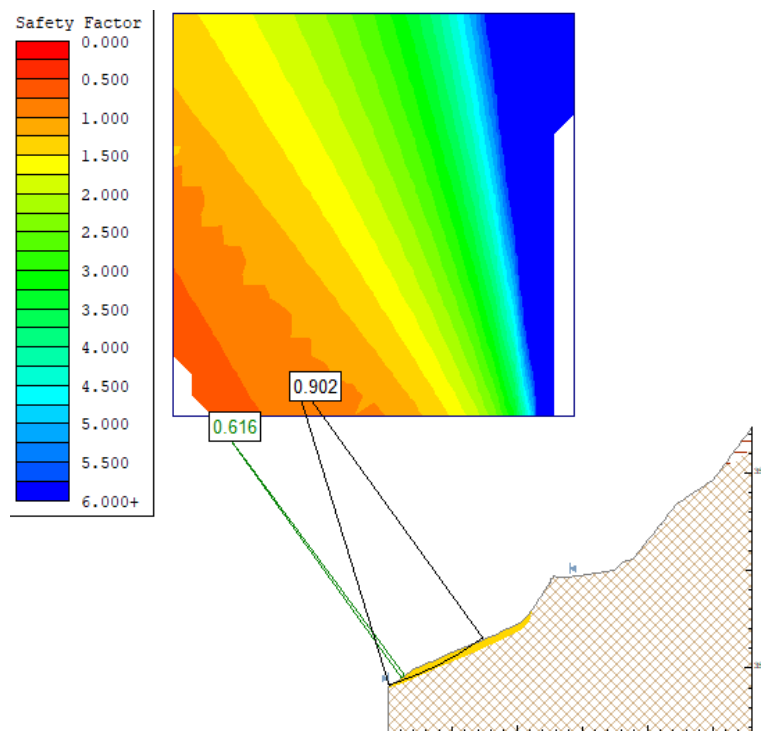
**Perfil G-G: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.= 1.698**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0



**Perfil G-G: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.902**

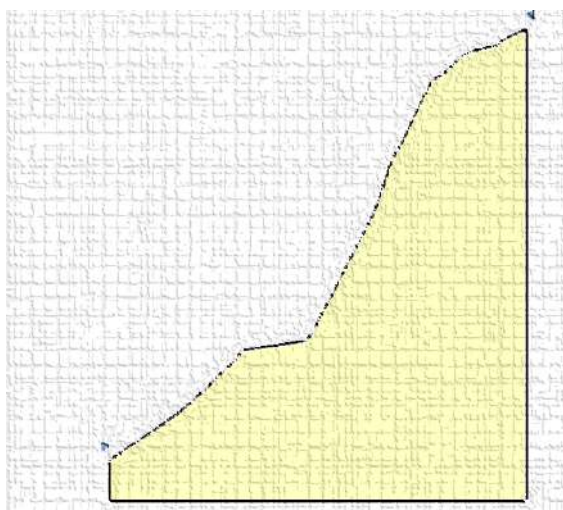
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0







### Sección H-H (Tramo 14+430 - Deslizamiento traslacional )



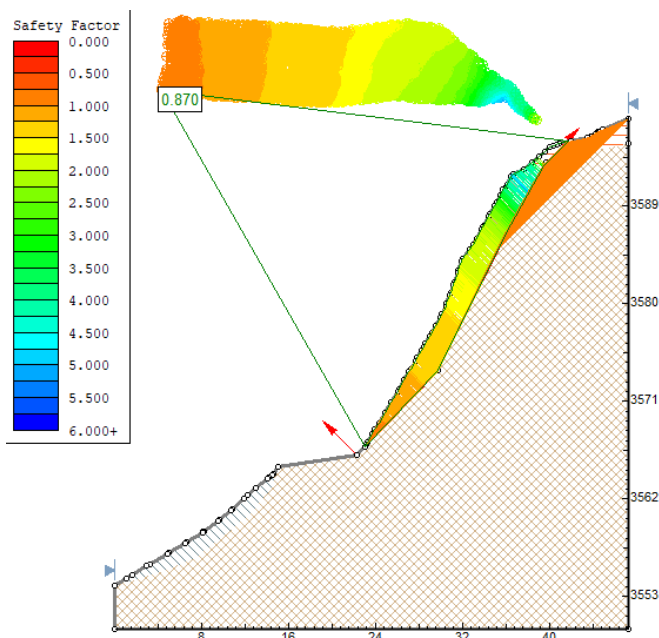
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

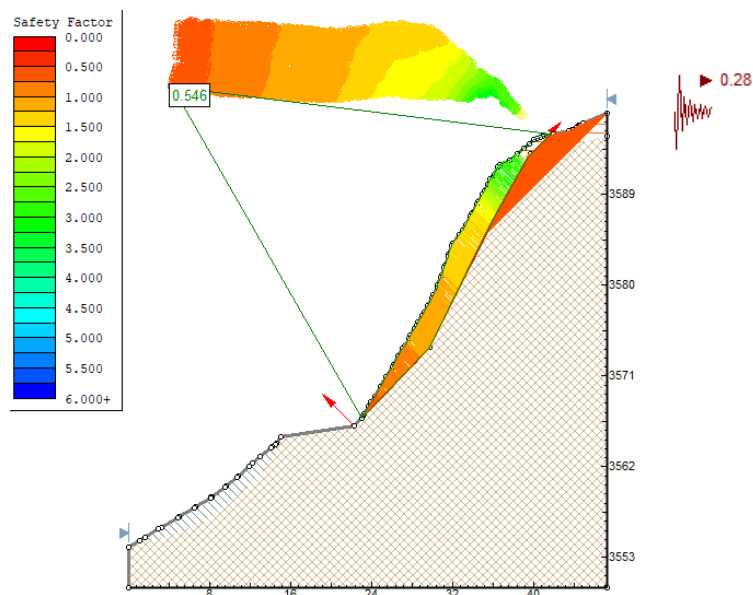
#### Perfil H-H: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 0.870

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0

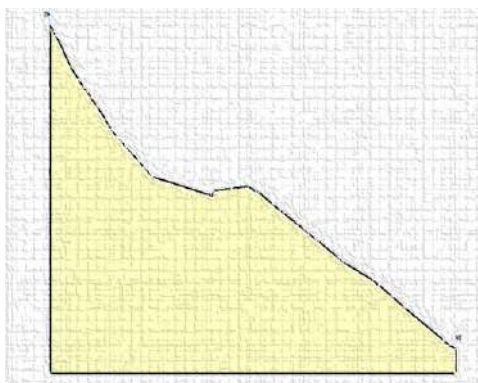


#### Perfil H-H: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.546

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Ru
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	None	0
Grava areno limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				None	0
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				None	0



Sección I-I (Tramo 11+050 - Deslizamiento traslacional )



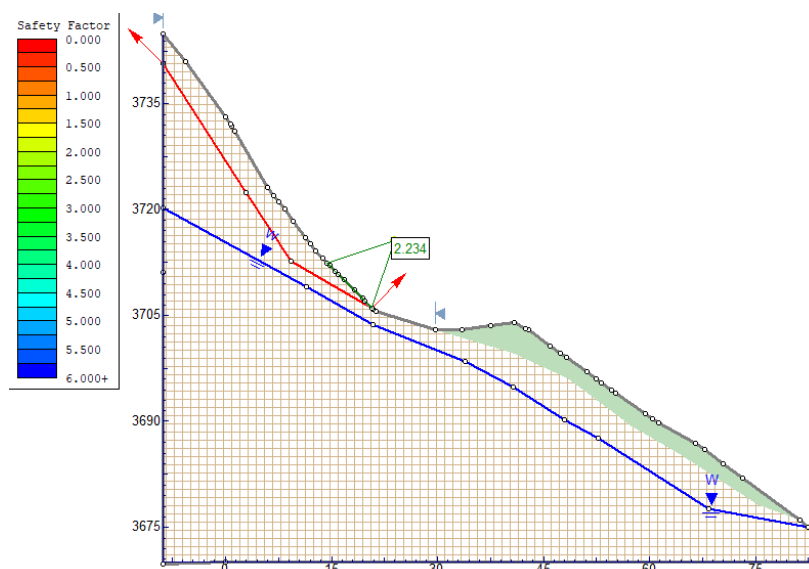
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

Perfil I-I: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Estático F.S.= 6.418

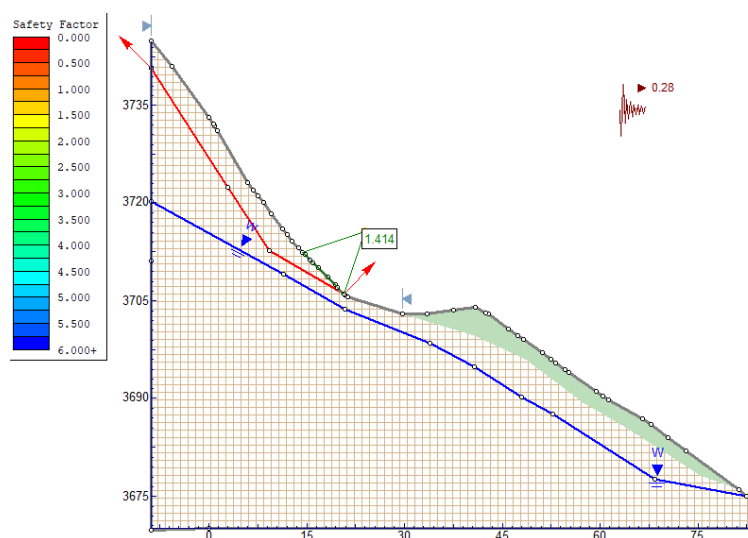
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.115	8.57e-006	Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant





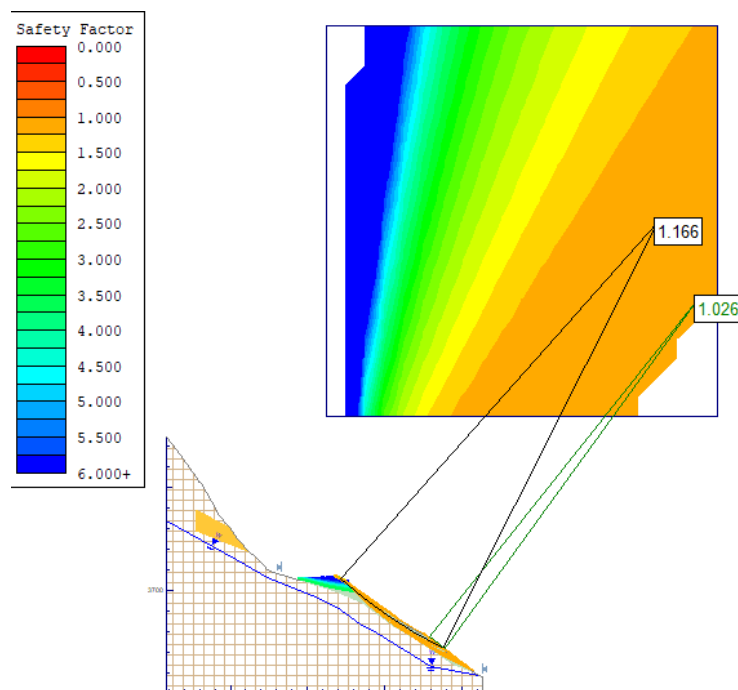
### Perfil I-I: Análisis de estabilidad –Falla No circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 1.414

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.115	8.57e-006	Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant



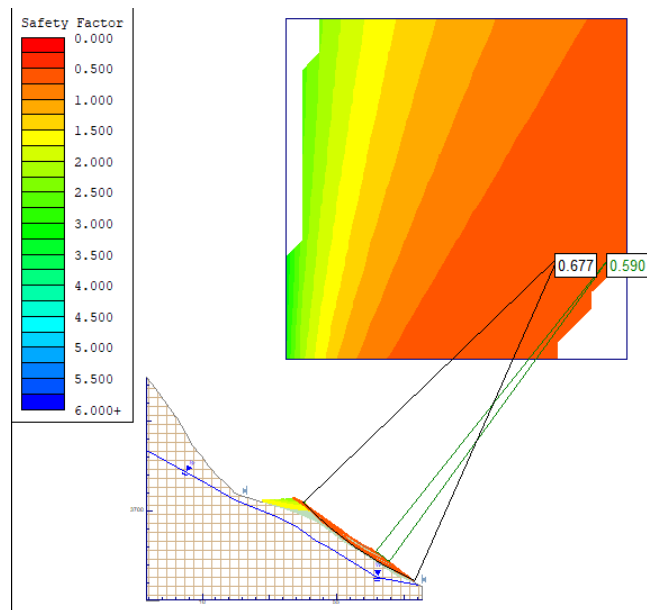
### Perfil I-I: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.=1.166

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.115	8.57e-006	Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant

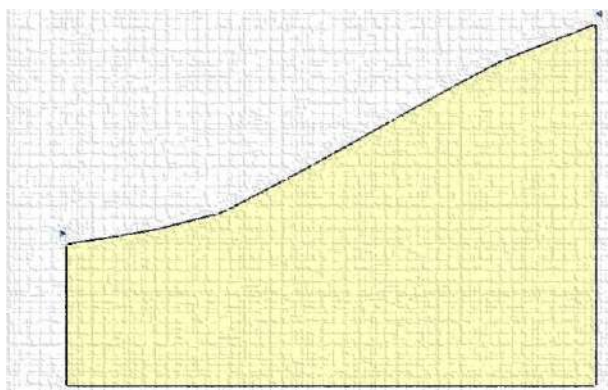


### Perfil I-I: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.= 0.677

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.115	8.57e-006	Water Surface	Constant
Grava arena limosa		20.59	Mohr-Coulomb	0	38				Water Surface	Constant



Sección J-J (Tramo 12+220 - Deslizamiento rotacional )



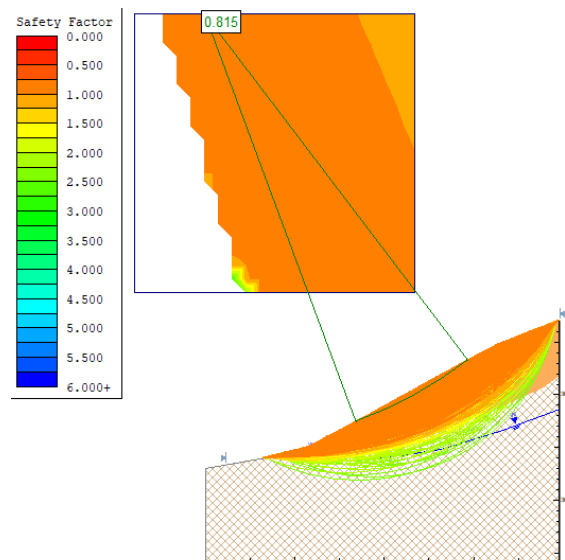
Perfil del terreno



Fotografía del perfil

Perfil J-J: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Estático F.S.=0.815



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	Water Surface	Constant

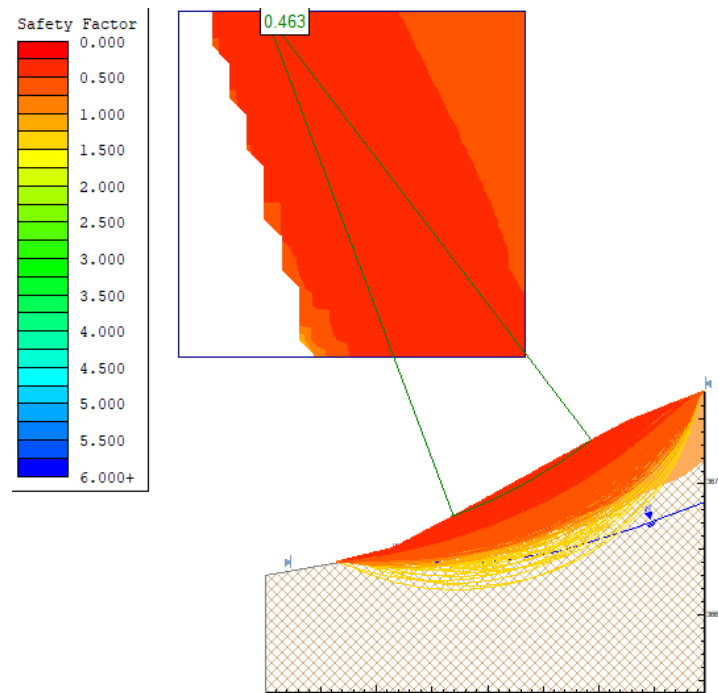






### Perfil J-J: Análisis de estabilidad –Falla Circular- Local- Pseudo-estático F.S.=0.463

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	Water Surface	Hu Type
Arcilla arenosa		17.65	Mohr-Coulomb	0.05	23.5				Water Surface	Constant
Arenisca		25.5	Hoek-Brown			1160	0.683	0.0006	Water Surface	Constant





## CONCLUSIONES

Concluido el presente trabajo de investigación podemos indicar las siguientes conclusiones:

- Geomorfológicamente, la zona de estudio (Carretera Ranraccasa - Paruro), se encuentra dentro de la unidad geomorfológica regional denominada “Altiplano”, esta unidad ocupa la parte central del cuadrángulo del Cusco (Hoja 28-s-IV) con una dirección NO-SE (Ilustración 2.1), sus altitudes varían entre 3800 a 4000 msnm., se encuentra disectada por varios ríos, entre los cuales se encuentra el río Paruro. Localmente, se puede apreciar geoformas a nivel de paisaje como: Altiplanicies, Relieves Colinosos, Relieves Montañosos y Valles, todos ellos con sus respectivos sub- paisajes, para su clasificación se tomó como fuente principal el estudio preliminar de “Zonificación Ecológica Económica del Departamento del Cusco” realizada por la Dirección de Estudios y Proyectos de Gestión Ambiental de la Región del Cusco el año 2005 (Tabla 2.1 y Mapas: M-03, M-04 y M-05).
- Las formaciones geológicas que afloran en el área de estudio son la formación Soncco y Paruro. La formación Soncco se caracteriza por la intercalación de lutitas y areniscas finas a medias, con un alto contenido de matriz, (Formación Soncco Miembro II) tal como se muestra en las columnas estratigráficas (Ilustraciones 3.7 a 3.20) y muestras de mano (Tablas 3.3 a 3.18). El análisis petrográfico de dichas muestras, indican que son rocas sedimentarias clasificadas como areniscas “Grauvacas Feldespáticas”, según la clasificación de Folk, 1974 (Tablas 3.3 a 3.7) y areniscas “Arcosas Líticas” Folk, 1974 (Tablas 3.8, 3.12, 3.14, 3.15), estas últimas podrían pertenecer al miembro II de la formación Soncco (Tabla 3.15). La formación Paruro está caracterizado por la intercalación de Lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados (Ilustraciones 3.21 a 3.25 y Tablas 3.19 y 3.20), también se pudo identificar un estrato volcánico (Ilustración 3.23), cuyo análisis petrográfico de la muestra de mano indica que sería una Toba Vitrea, según la clasificación de Schmid, 1981 (Mapas: M-08 al M-12).
- La zona de estudio ha tenido una alta actividad tectónica, prueba de ello son las estructuras tectónicas que se pueden apreciar tanto a nivel regional (Ilustraciones 4.1 y 4.2), como a nivel local. Regionalmente se pueden mencionar las fallas: Miska-Araipallpa, Yaurisque-Papres, Falla Paruro, Anyarate-San Juan de Quihuare. Pliegues como: Sinclinal Paruro, Sinclinal Anyarate-San Juan de Quihuare, etc. Localmente se pueden apreciar varias estructuras, fallas, pliegues, etc. (Tablas 4.1 a 4.5). Resalta sobre manera el “slumping” ubicado en la progresiva 23+620 (Foto 4.11 y Mapas: M-13, M-14 y M-15).
- Hidrológicamente, la zona de estudio se encuentra ubicado en la cuenca del río Paruro con código “Pfafstetter” 499991, perteneciente a la Intercuenca Baja Apurímac”. Para la regionalización de la precipitación se utilizó el método de “Regresión Lineal” y se utilizaron las estaciones de Anta, Zurite, Perayoc, Kayra, Yauri y Paruro. Con registros desde 1963 a 2018. Se consiguió calcular la precipitación media mensual para cada altitud de la zona de estudio (Tabla 5.25). Para determinar las características hidrogeológicas de la zona de estudio se tomó en cuenta sus características litológicas, su grado de fracturación visible en el corte de carretera y la clasificación que hace Carlotto et al., 2011, en el cuadrángulo del Cusco. Así se pudo identificar el Acuífero Paruro II caracterizado por presentar estratos de conglomerados (Foto 5.1), Acuífero Soncco, debido a su alto grado de fracturación y porque se encontraron manantes que surgían en los cortes de carretera pertenecientes a dicha formación (Foto 5.3), Acuitardo Soncco II caracterizado por la intercalación de lutitas y areniscas de grano fino con alto contenido de matriz (Grauvacas Feldespáticas), Acuitardo Paruro I caracterizado por la intercalación de limolitas y lutitas color verde claro (Foto 5.6 y Mapas: M-16 al M-19).
- El análisis geomecánico de las ventanas estructurales, realizado mediante el método de clasificación geomecánica de RMR de Bieniawski, indican que tenemos afloramientos “regulares”, con un



valor de RMR entre 60 a 41 (Tablas 6.3 a 6.19), el valor hallado es el resultado de la corrección que se realiza a dicha clasificación para taludes, según la orientación de las discontinuidades (Tabla 9.1).

➤ El departamento del Cusco presenta una alta sismicidad por la presencia de fallas activas, la zona de estudio no es ajena a esa realidad, presenta sismos de focos superficiales ( $h \leq 60$  km de profundidad) asociadas a la falla Paruro. El 27 de setiembre de 2014 se registró un sismo con consecuencias lamentables, su epicentro se localizó a 7 km al suroeste de Paruro, con una profundidad de 6 km, una magnitud de 5.1 en la escala de Richter e intensidades que van desde VII (en las zonas más críticas como en el C.P. de Misca) a II (en las zonas alejadas como Urubamba), según el informe técnico del INGEMMET, el sismo, fue producto de la reactivación de un segmento de la falla Paruro (Ilustración 7.3). Para efectos de análisis Pseudoestático en los taludes se utilizará el valor de 0.28 g, obtenido mediante el método probabilístico (Ilustración 7.4). Como consecuencia de dicha actividad sísmica y por sus características geológicas - estructurales la zona presenta una alta actividad geodinámica externa (movimientos en masa), que se han incrementado en el tramo de carretera debido a la ampliación de la carretera. Se pudieron identificar Desprendimientos, Deslizamientos Rotacionales, Traslacionales, Flujos de Barro y de Detritos, Movimientos Complejos y Extensiones Laterales (Tablas 7.6 a 7.50 y Mapas: M-22 y M-23).

➤ Para determinar los niveles de peligrosidad ocasionada por los fenómenos geodinámicos externos en el tramo Ranraccasa-Paruro (Km 8+900 - 25+900), se utilizó el método Heurístico y el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty. Previo a análisis de la peligrosidad, se determinó los niveles de susceptibilidad para cada fenómeno: Desprendimientos, Flujos de Barro y de Detritos, Deslizamientos Rotacionales y Traslacionales (Mapas: M-27 al M-36), se ponderó los factores desencadenantes: Precipitaciones, Sismicidad, Acciones Antrópicas. Con ambos productos (Susceptibilidad y F. Desencadenantes) se obtuvo los niveles de peligrosidad que se encuentran en la Tabla 8.52 y en los Mapas: M-37 y M-38.

NIVELES DE PELIGROSIDAD			
PELIGROSIDAD MUY ALTA	0.2677	$\leq P <$	0.4618
PELIGROSIDAD ALTA	0.1516	$\leq P <$	0.2677
PELIGROSIDAD MEDIA	0.0791	$\leq P <$	0.1516
PELIGROSIDAD BAJA	0.0398	$\leq P <$	0.0791

➤ Se presenta 4 niveles de vulnerabilidad cuyos rangos van de:

NIVELES DE VULNERABILIDAD			
VULNERABILIDAD MUY ALTA	0.262	$\leq V <$	0.439
VULNERABILIDAD ALTA	0.161	$\leq V <$	0.262
VULNERABILIDAD MEDIA	0.088	$\leq V <$	0.161
VULNERABILIDAD BAJA	0.049	$\leq V <$	0.088

➤ La explicación de los niveles de vulnerabilidad se encuentra detallado en la Tabla 9.69, y se puede apreciar el resultado en el Mapa: M- 41 y M-42.

➤ El análisis de riesgo se hizo de manera cualitativa, se han identificado los siguientes niveles de riesgo mediante la matriz de riesgo:

NIVELES DE RIESGO			
RIESGO MUY ALTA	0.0745	$\leq R <$	0.2029
RIESGO ALTA	0.0245	$\leq R <$	0.0745
RIESGO MEDIA	0.0070	$\leq R <$	0.0245
RIESGO BAJA	0.0010	$\leq R <$	0.0070



- La explicación de los niveles de vulnerabilidad se encuentra detallado en la Tabla 10.3, y se puede apreciar el resultado en el Mapa: M- 43 y M-44. Del control del riesgo se puede concluir que los daños por el riesgo son INADMISIBLES.
- Se han planteado medidas de prevención y mitigación tanto estructurales y no estructurales, los estructurales tiene como objetivo reducir o evitar los efectos dañinos sobre los elementos expuestos, como construcción de muros, limpieza de material suelto, recubrimiento con geotextiles, reforestación, modificación topográfica, etc., en cuanto a las medidas no estructurales se plantea capacitaciones, “charlas” a la población en centros educativos, hospitales (Postas médicas), centros de trabajo, etc., sobre todo se debe exigir capacitación a los choferes que utilizan dicha vía para prestar servicio público de transporte.





## RECOMENDACIONES

- Para mitigar y prevenir los fenómenos por Desprendimientos se recomienda reducir la pendiente, de los taludes que superan los 15 m. de altura, se debe plantear la construcción de banquetas. Se debe realizar una limpieza, eliminando los depósitos de materiales sueltos. Estos procesos o fenómenos también se dan debido al grado de fracturación del material litológico y su buzamiento contra la pendiente. Para corregir estos factores se plantea una corrección superficial, ya sea mediante geotextiles o geomallas o mediante concreto proyectado.
- En cuanto a los Flujos se recomienda construir drenes superficiales en las cabeceras para recolectar las aguas que descienden producto de la escorrentía superficial. También se debe reforestar las áreas descubiertas para impedir la infiltración del agua y consecuentemente la saturación del suelo. Si la causa de los flujos son los manantes, estos deben ser captados y canalizados.
- Para mitigar y prevenir los efectos de los Deslizamientos Rotacionales se recomienda construir drenes superficiales en las cabeceras para recolectar las aguas que descienden producto de la escorrentía superficial, en los lugares donde ya existan estos drenes se debe verificar su funcionalidad, puede ser que se encuentren colmatados de sedimentos o fracturados, lo que no permite que cumplan con su función. Si los taludes fueran de elevada altura se puede reducir el peso de las cabeceras realizando cortes a manera de banquetas, no olvidando los drenes superficiales en cada banqueta y drenado las aguas fuera del deslizamiento. Algunos deslizamientos se pueden estabilizar con la construcción de muros, estos pueden ser muros de gaviones, Muros de gravedad (hormigón en masa), Muros aligerados (concreto ciclópeo), etc.
- En cuanto a los lugares donde haya susceptibilidad a Deslizamientos Traslacionales se recomienda canalizar las aguas superficiales mediante drenes superficiales en las cabeceras de estos deslizamientos, también se plantea la alternativa de anclajes y geomallas o geotextiles.
- Como una medida no estructural, se recomienda, capacitar a los choferes que realizan el servicio de transporte público para que sepan cómo actuar ante desastres naturales causados por fenómenos geodinámicos externos, de tal manera que respeten las señales de tránsito, respetando sobre todo la velocidad, el número de pasajeros máximo permitido, etc.
- Charlas en los colegios a los estudiantes y padres de familia para que sepan actuar antes de estos tipos de desastres.
- Se recomienda una constante concientización a la población y usuarios de la vía para que hagan un uso adecuado de la vía, no arrojando basuras, ni desmontes en las quebradas o alrededores de la vía, de tal manera que las cunetas puedan evacuar el agua producto de la precipitación o encauzamiento de riachuelos.
- Se recomienda el mantenimiento de la vía, limpieza de las cunetas, repintado de las señales de tránsito, identificar las zonas de riesgo con una señalización adecuada y visible.
- Para la reforestación se recomienda el uso de plantas propias de la zona, de tal manera que se propaguen y crezcan de manera natural.
- Se debe mantener un constante monitoreo de toda la vía para detectar a tiempo nuevas reactivaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, C.; Delgado, F.; Taipe, E.; Audin, L. y Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p., 1 mapa. Recuperado de: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/296>
- Brajas, M. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Thomson Editores S.A. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=r2ODVVr0r\\_4C](https://books.google.com.pe/books?id=r2ODVVr0r_4C)
- Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011). Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas. Recuperado de <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/99>
- Carlotto V. (2006). La deformación y el acortamiento andino en el sur del Perú: Cusco-Abancay-Sicuani. Boletín de la Sociedad Geológica Perú, 101: 91-119. Recuperado de: <http://www.sgp.org.pe/category/bibliovirtual/?result=3527>
- Chereque, W. (1989). Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Gobierno Regional de Cusco. (2005). Zonificación Ecológica Económica (ZEE). Departamento del Cusco. Cusco, Perú: Dirección General de Ordenamiento Territorial - DGOT. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-zee-departamento-cusco>
- Herrera, M. C. & Salas, J. (2014). Estudio geológico, geotécnico del mantenimiento de la carretera Ranraccasa - Paruro (8+500 a 25+915) (Tesis de Grado Académico). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Linsley, R., Kohler, M. A. y Paulus J. (1977). Hidrología para Ingenieros (A. Deep, J. I. Ordoñez, Trad.). Bogotá, Colombia: Mcgraw-Hill Latinoamericana, S.A. Recuperado de: <http://estudiantesingcivil.blogspot.com/2014/12/hidrologia-para-ingenieros-ray-linsley.html?m=1>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM. Recuperado de: <http://worldcat.org/identities/lccn-no2010136668/>
- Serrato, P. K. (2011). Perspectiva Geográfica. Clasificación fisiográfica del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales, 1(14), 182-218. Recuperado de: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1714>
- Suárez, J. (2009). Deslizamientos, Volumen I: Análisis Geotécnico. Colombia: División de Publicaciones UIS. Recuperado de: <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A. y Ishizawa, O. (2014). Mapa de Peligro Sísmico para el Perú (Versión Preliminar) IGP, Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida, 65p. Recuperado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/773>
- Olarte, J. y López, D. (2001). Sismicidad y Peligrosidad Sísmica en la Región Sur-Occidental del Perú, Programa Científico PC - CISMID, 1999-2000, 36p. Recuperado de: <https://www.plagios.org/wp-content/uploads/2018/04/Anexo-3-Sismicidad-Peru-Olarte-y-Lopez-2001.pdf>



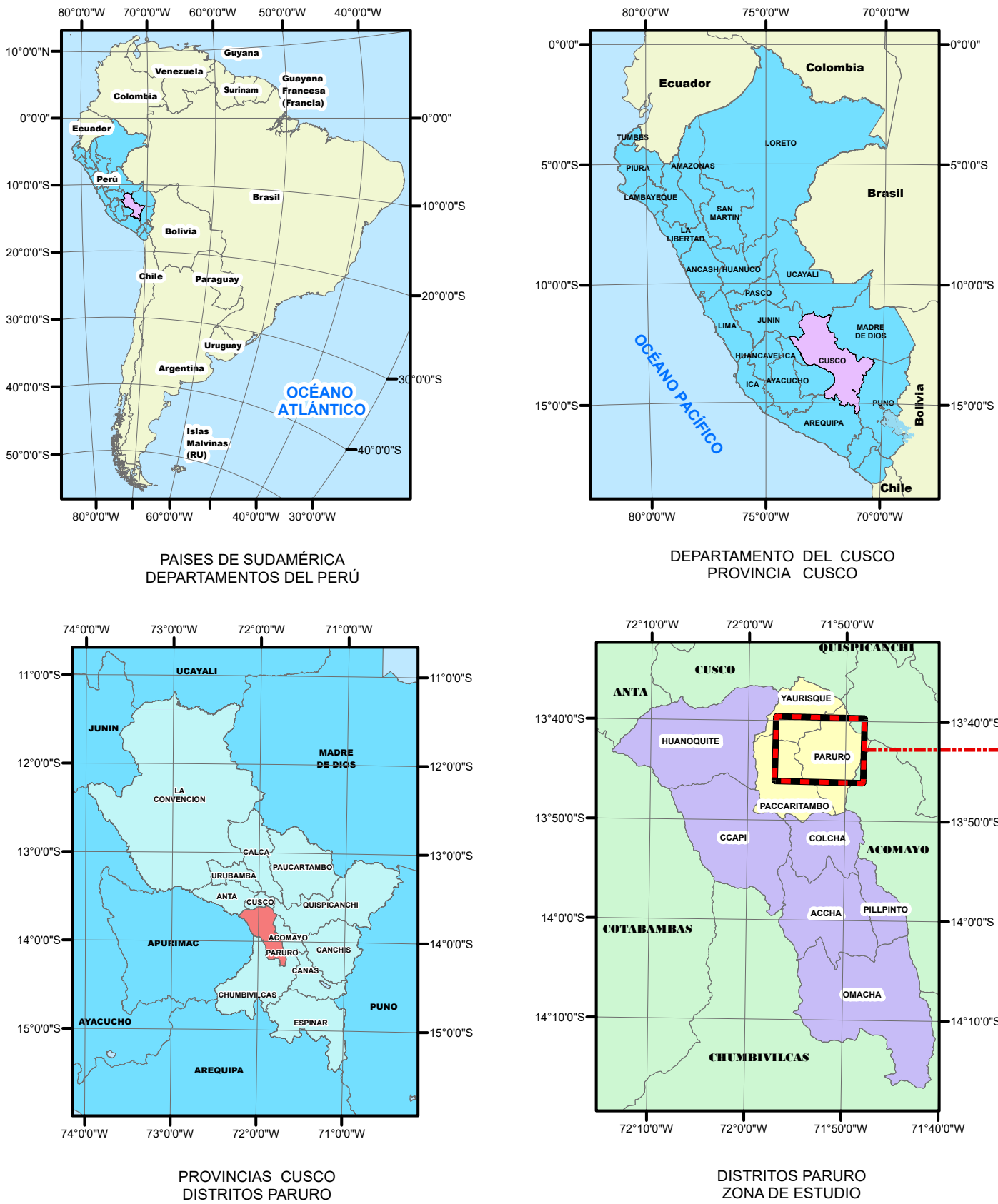
- Thornbury, W., (1960). – Principio de la Geomorfología, Capítulo 1: Las Bases de la Geomorfología, pág.01. Recuperado de: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/11439/06-rgc.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11439/06-rgc.pdf)
- Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. España: Pearson Education S.A. Recuperado de: [https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi\\_blog/r/Ingenieria\\_Geologica\\_-\\_Gonzalez\\_de\\_Vallejo.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ingenieria_Geologica_-_Gonzalez_de_Vallejo.pdf)
- Vera, J. A. (1994). – Estratigrafía Principios y Métodos, Capítulo 1: Concepto e historia de la Estratigrafía, pág.03. Recuperado de: [https://www.academia.edu/16710884/Estratigrafia\\_Principios\\_y\\_Metodos\\_Vera\\_Torres](https://www.academia.edu/16710884/Estratigrafia_Principios_y_Metodos_Vera_Torres)



## ANEXOS

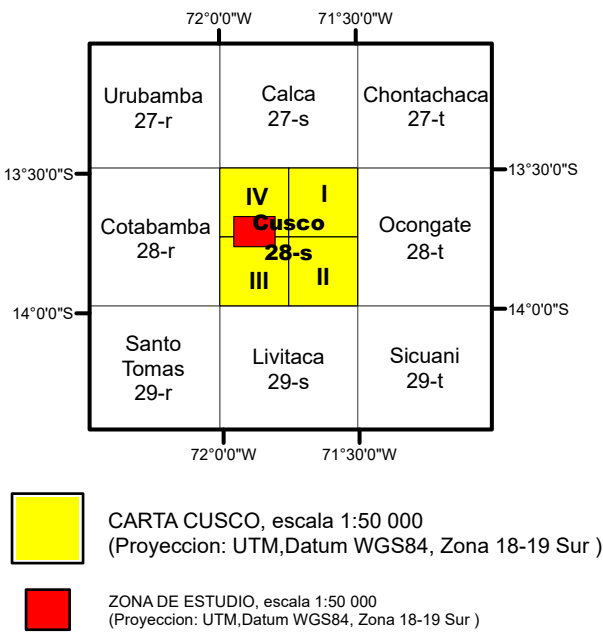


Mapa de Ubicación Regional de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)

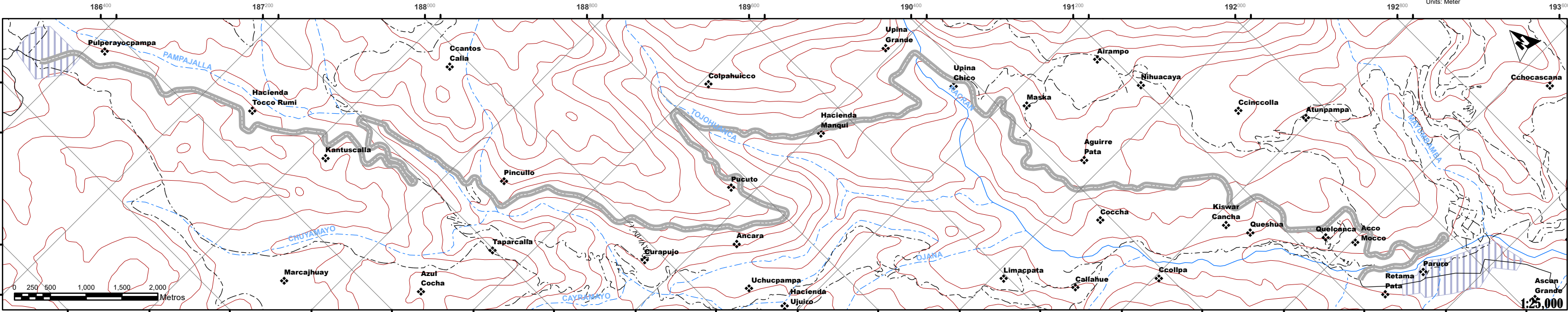


BASE TOPOGRÁFICA DIGITALIZADA, AMPLIADA A ESCALA 1:50,000 Y TRANSFORMADA AL SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL 1984 (WGS84)  
HOJA DE CUSCO (28-s) ESCALA 1:100,000  
PUBLICADA POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) LIMA-PERÚ

CUADRO DE SITUACION  
DE LA HOJA DE CUSCO



Mapa de Ubicación Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
False Easting: 500 000 000  
False Northing: 10 000 000 000  
Central Meridian: -69 0000  
Scale Factor: 0.9996  
Latitude Of Origin: 0 0000  
Units: Meter

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Testis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE UBICACIÓN"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA

--- Trocha Carrozable  
— Via afirmada  
▲ Cerros

☼ Centro Poblado  
--- Quebrada  
— Río

— Curvas Menores  
— Curvas Mayores  
Localidades

Via en Estudio

ASESOR:  
Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:  
- Br. Richard Mijael Chacon Tito  
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

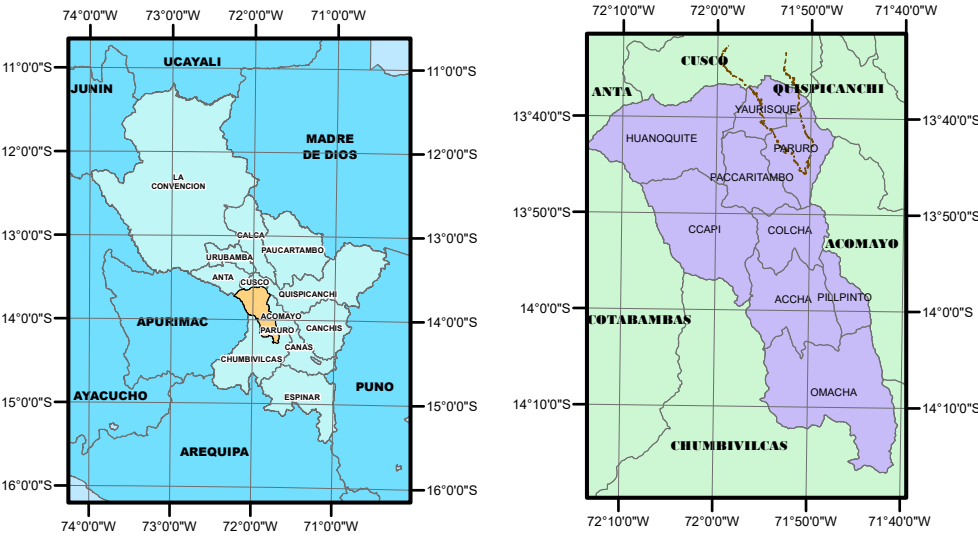
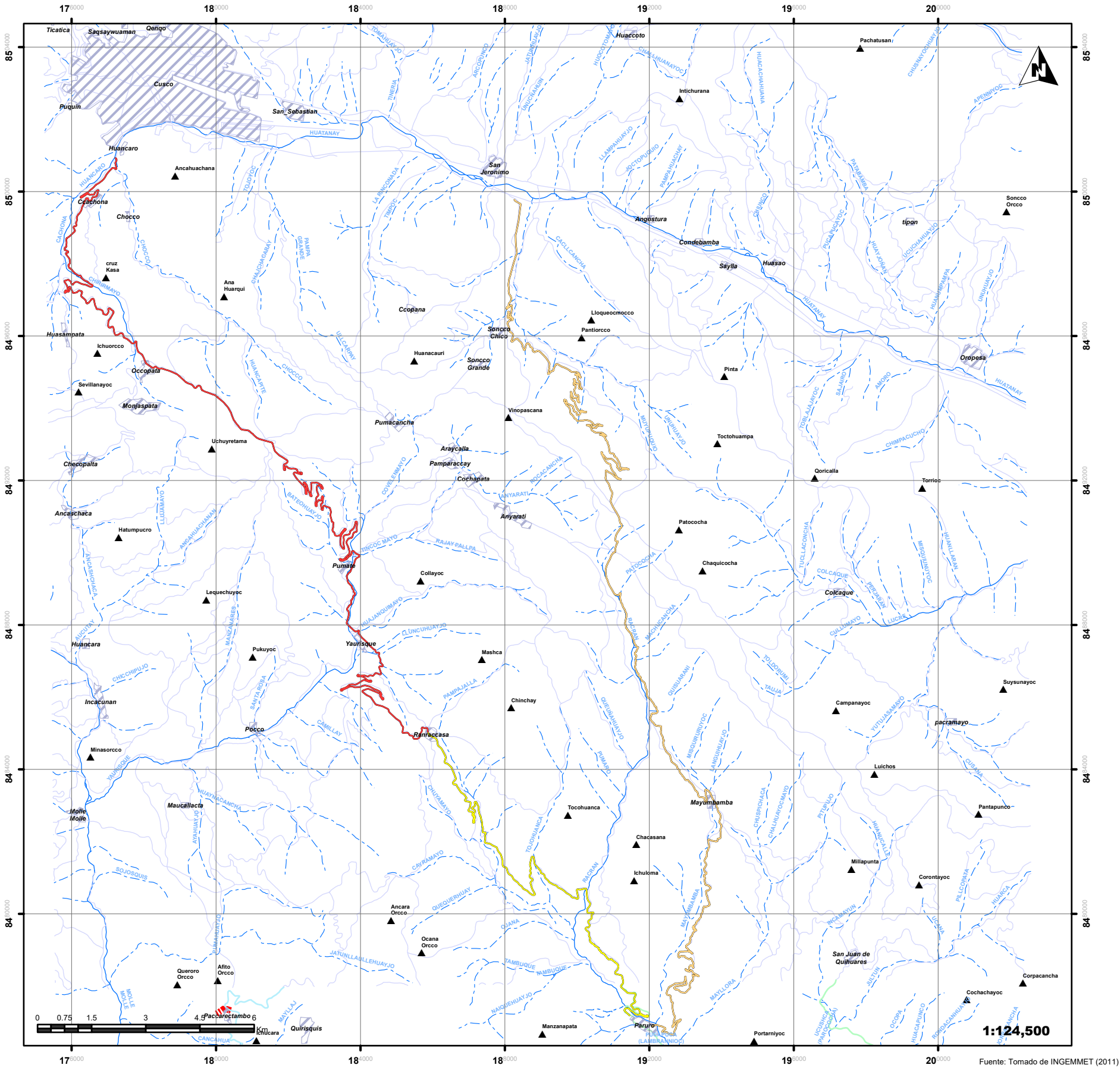
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

M-01



Mapa de Accesibilidad hacia la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



PROVINCIAS CUSCO  
DISTRITOS PARURO

DISTRITOS PARURO  
ZONA DE ESTUDIO

Ruta 01: Cusco (saliendo por el distrito de Santiago) - Occopata - Yaurisque - Ranraccasa

Tramos Ruta 01	Distancia	Tipo de vía	Tiempo de Viaje
Cusco (Santiago) - Occopata	12 km	Asfaltada	30 min
Occopata - Yaurisque	18 km	Asfaltada	45 min
Yaurisque - Ranraccasa	9 km	Asfaltada	15 min
Total:	39 km		1 h con 30 min

Fuente: Propia

Ruta 02: Cusco (saliendo por el distrito de San Jerónimo) - Chimaconchacalla - Mayumbamba - Paruro

Tramos Ruta 02	Distancia	Tipo de vía	Tiempo de Viaje
Cusco (San Jerónimo) - Chimaconchacalla	9 km	Trocha Carroable	25 min
Chimaconchacalla - Mayubamba	21 km	Trocha Carroable	60 min
Mayubamba - Paruro	14 km	Trocha Carroable	45 min
Total:	44 km		2 h con 10 min

Fuente: Propia

SIMBOLOGÍA		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tesis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE ACCESIBILIDAD"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito  
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

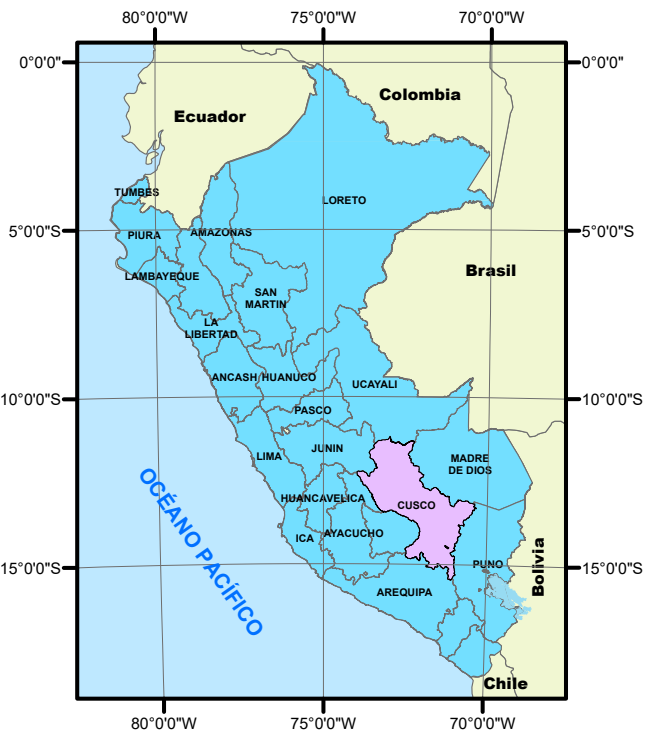
M-02



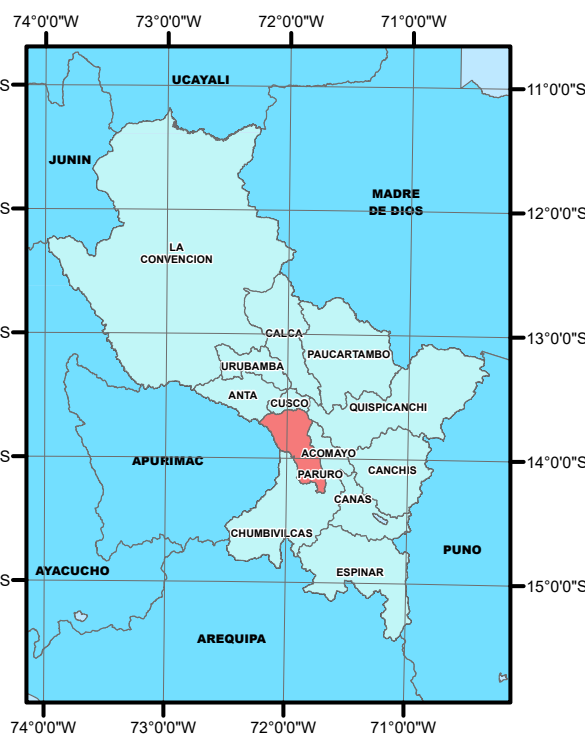
Mapa Geomorfológico Regional de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



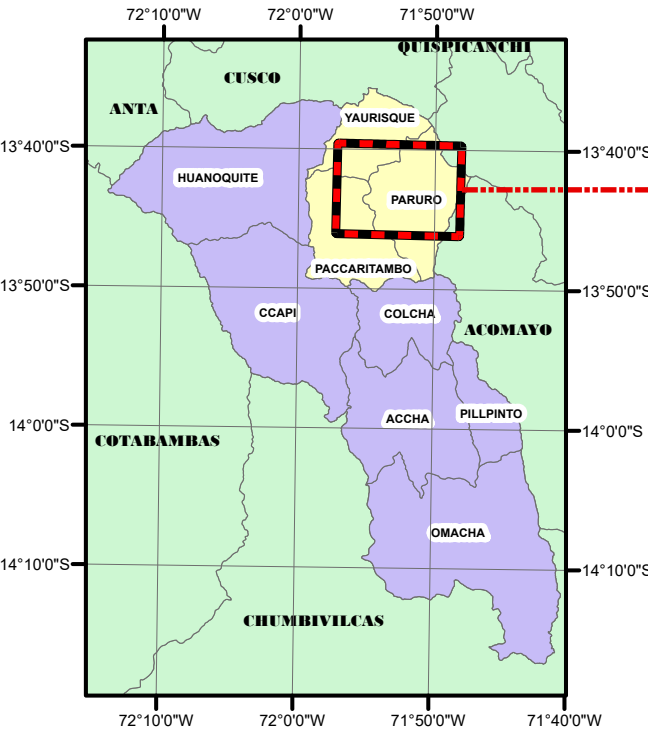
PAISES DE SUDAMÉRICA  
DEPARTAMENTOS DEL PERÚ



DEPARTAMENTO DEL CUSCO  
PROVINCIA CUSCO



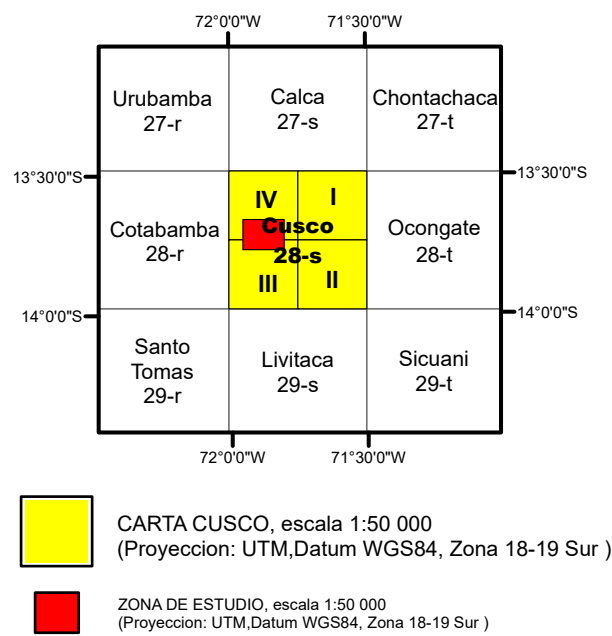
PROVINCIAS CUSCO  
DISTRITOS PARURO



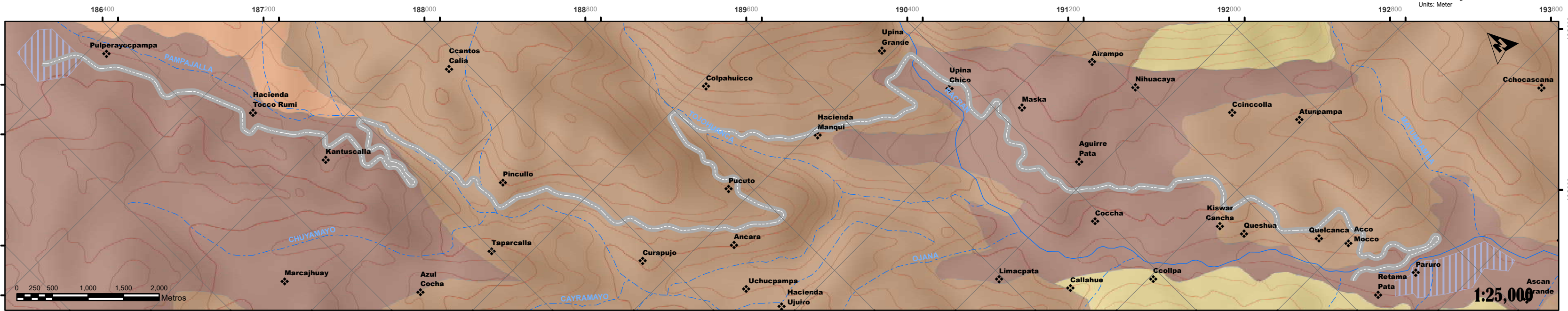
DISTRITOS PARURO  
ZONA DE ESTUDIO

BASE TOPOGRÁFICA DIGITALIZADA, AMPLIADA A ESCALA 1:50,000 Y TRANSFORMADA AL SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL 1984 (WGS84)  
HOJA DE CUSCO (28-s) ESCALA 1:100,000  
PUBLICADA POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) LIMA-PERÚ

#### CUADRO DE SITUACION DE LA HOJA DE CUSCO



Mapa Geomorfológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
False Easting: 500,000.0000  
False Northing: 10,000,000.0000  
Central Meridian: -69.0000  
Scale Factor: 0.9996  
Latitude Of Origin: 0.0000  
Units: Meter

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Testis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA GEOMORFOLÓGICO"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA



Localidades



Centro Poblado



Cerros



Vía de Estudio

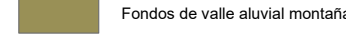


Quebrada

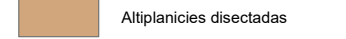


Río

LEYENDA



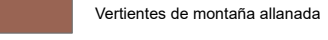
Fondos de valle aluvial montaña



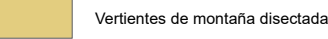
Altiplanicies disectadas



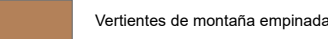
Altiplanicies onduladas



Vertientes de montaña allanada



Vertientes de montaña disectada



Vertientes de montaña empinada

ASESOR:

Mg. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito

- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

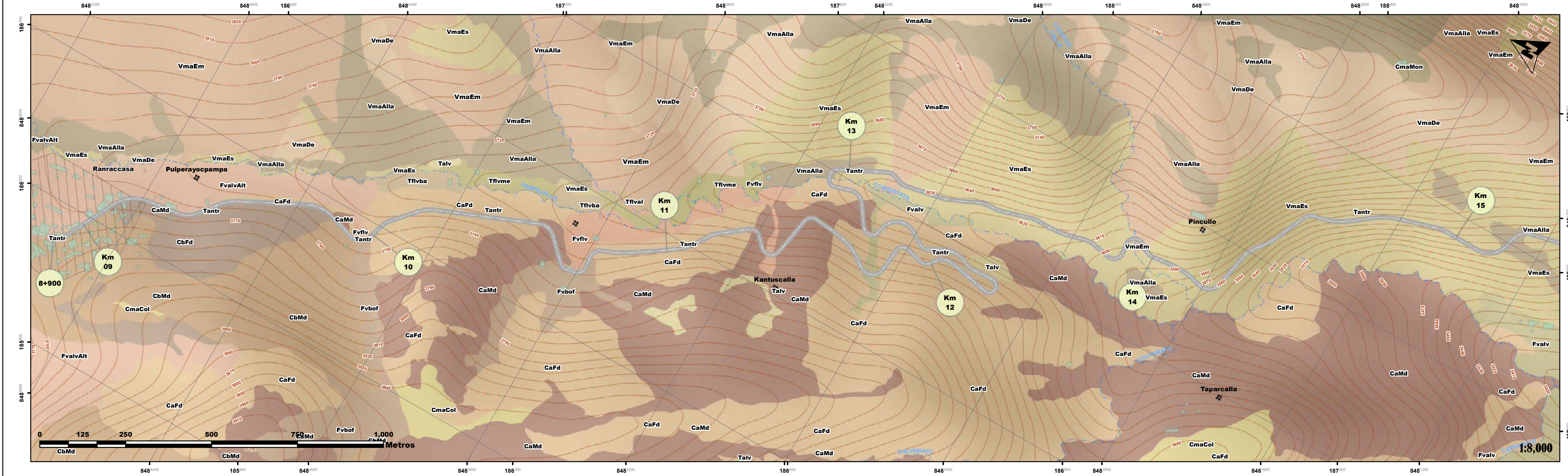
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

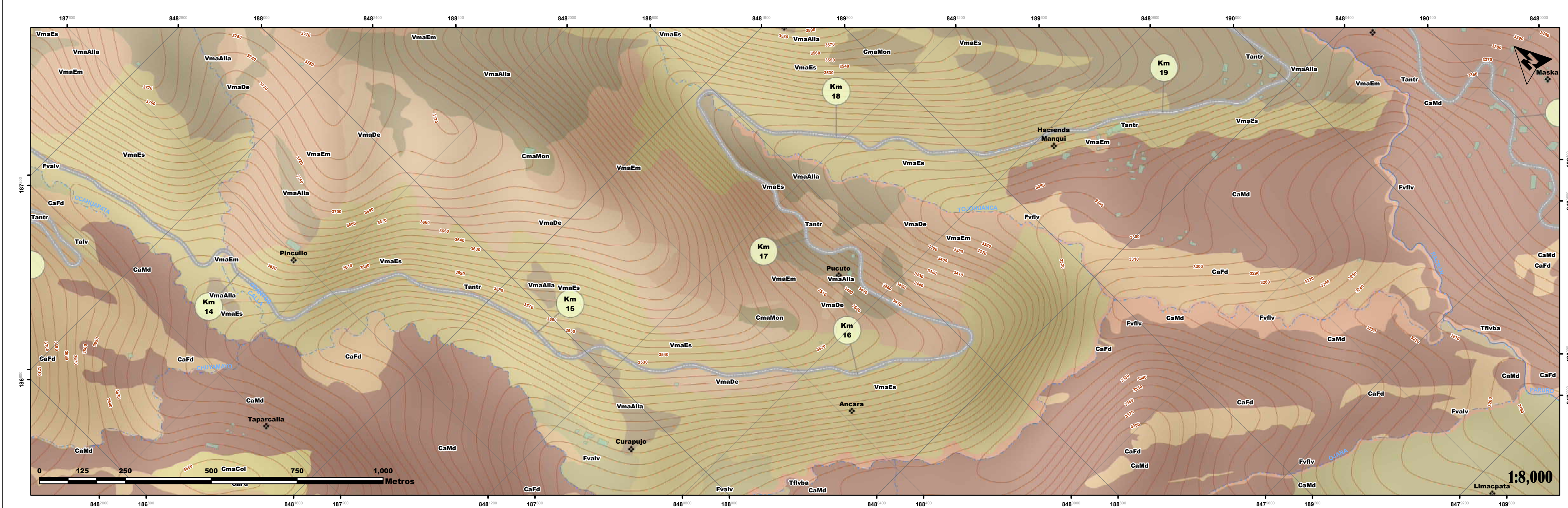
M-03



Mapa Geomorfológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



Mapa Geomorfológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)





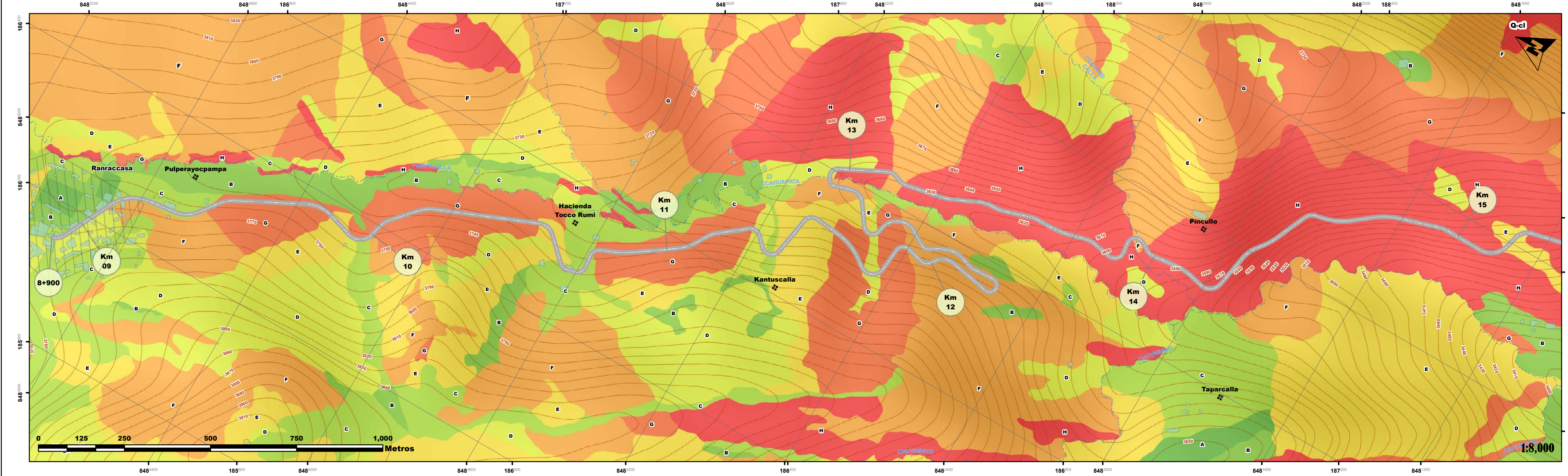
[illegible]

This topographic map of the Paruro region in Peru, at a scale of 1:8,000, illustrates the terrain and infrastructure. The map features brown contour lines indicating elevation, with major peaks reaching over 3,500 meters. A network of roads is shown, with a primary route marked from Km 21 to Km 26. Settlements are depicted with building footprints, including the town of Paruro and smaller communities like Maska and Queshua. The map also shows the Paruro River and other water features. A scale bar at the bottom left indicates distances up to 1,000 meters, and a north arrow is located in the top right corner.

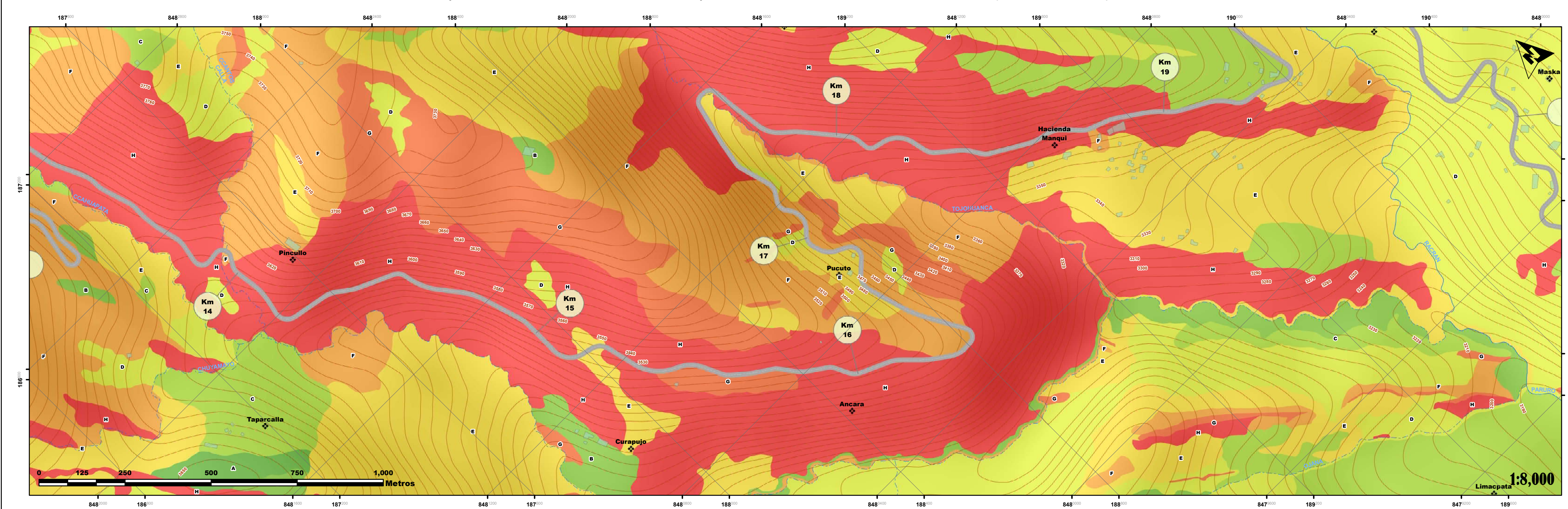
**M-05**



Mapa de Pendientes Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

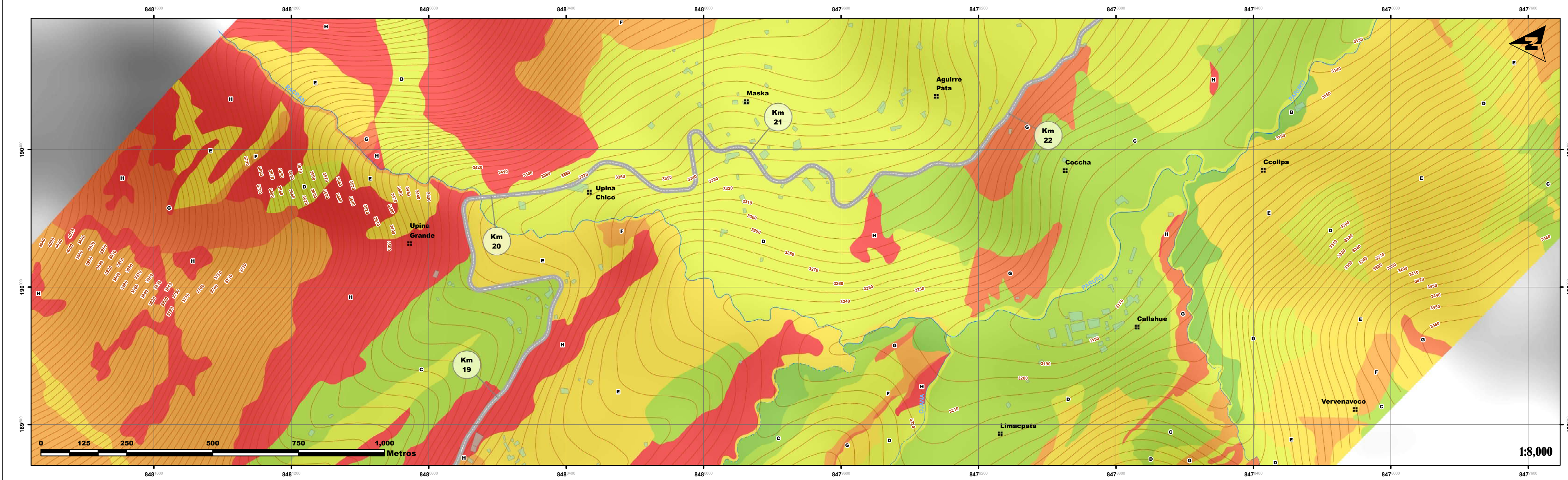


Mapa de Pendientes Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

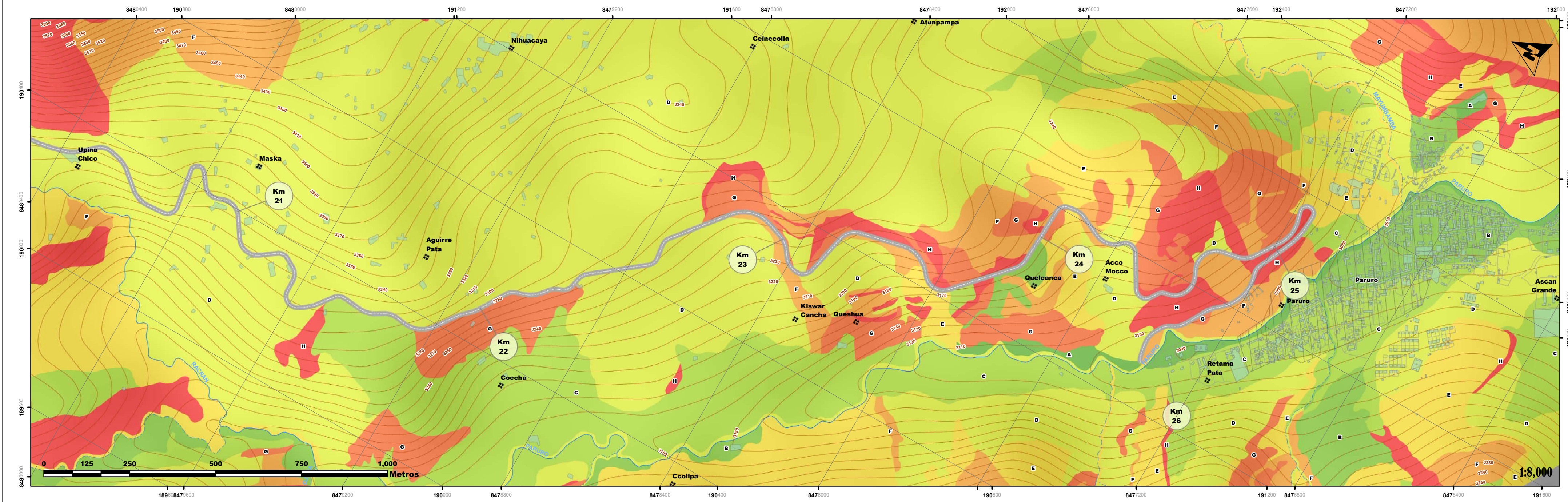




Mapa de Pendientes Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)





















Mapa de Pendientes Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)





Columna Estratigráfica Regional de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)

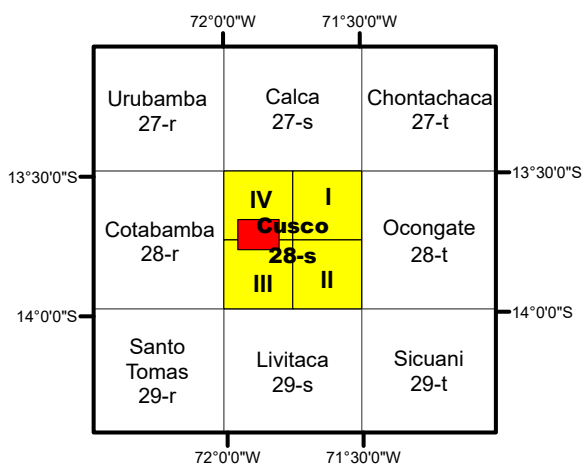
ERA	SISTEMA	SERIE							
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depo. Coluviales		Q-co	Depósitos de pendiente, incluido deslizamientos.			
		Depo. Aluviales		Q-al	Gravas de conos aluviales y de eyección.				
		Depo. Fluviales		Q-fl	Arenas y arenas gravosas en bancos y terrazas.				
		Depo. Glaciares		Q-gl	Gravas de conos aluviales y de eyección.				
	NEÓGENO	Mioceno	Fm. Paruro	Nm-pa II		Areniscas fluviales y conglomerados.			
				Nm-pa I		Lutitas y limolitas lacustres con carofitas, areniscas y conglomerados fluviales.			
			Fm. Paccaritambo		Nm-pac		Conglomerados aluviales y areniscas fluviales rojas.		
		PALEÓGENO	Oligoceno			Nom-pu III		Areniscas fluviales y conglomerados con clastos de cuarcita, calizas y areniscas.	
	Fm. Punacancha				Nom-pu II		Areniscas fluviales y conglomerados con clastos volcánicos en la base.		
					Nom-pu I		Limolitas rojas de llanura de inundación y areniscas fluviales, Al techo nivel volcánico.		
	Eoceno				Peo-so II		Areniscas fluviales blancas y verdosas, al techo aparecen conglomerados fluviales.		
			Fm. Soncco		Peo-so I		Lutitas rojas de llanura de inundación en la base, y escasos bancos de areniscas fluviales al techo.		
			Gpo. San Jerónimo			Peo-ky		Areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas de medios fluviales. Al techo conglomerados fluviales en la base bancos arenosos.	
		Fm. Kayra							
MESOZOICO	CRETÁCICO	Paleoceno	Fm. Chilca		Pp-ch		Lutitas y margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yesos de medios lacustres y sabkha. Areniscas fluviales hacia la parte superior. Presencia de Carofitas.		
			Fm. Quilque		Pp-qu		Lutitas rojas y moradas lacustres con carofitas, yesos de sabkha continental. Lutitas negras marinas muy poco profundas y areniscas fluviales.		
		Superior	Gpo. Yuncaypata		Fm. Puquín		Ks-pu		Calizas del tipo mudstone a wackstone con deformaciones sinsedimentarias de plataforma interna muy poco profunda.
				Fm. Ayabacas		Kis-ay		Calizas del tipo mudstone a wackstone con deformaciones sinsedimentarias de plataforma interna muy poco profunda.	
	Inferior	Gpo. Maras		Ki-ma		Mezcla caótica de yesos, lutitas rojas y algunos cuerpos de calizas por efecto de diapirismo.			

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
False Easting: 500,000.0000  
False Northing: 10,000,000.0000  
Central Meridian: -69.0000  
Scale Factor: 0.9996  
Latitude Of Origin: 0.0000  
Units: Meter

Fuente: Tomado de INGENMET (2011)

BASE TOPOGRAFICA DIGITALIZADA, AMPLIADA A ESCALA 1:50000 Y TRANSFORMADA AL SISTEMA GEODESICO MUNDIAL 1984 (WGS84)  
HOJA DE CUSCO (28-s) ESCALA 1:100000  
PUBLICADA POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN) LIMA-PERU

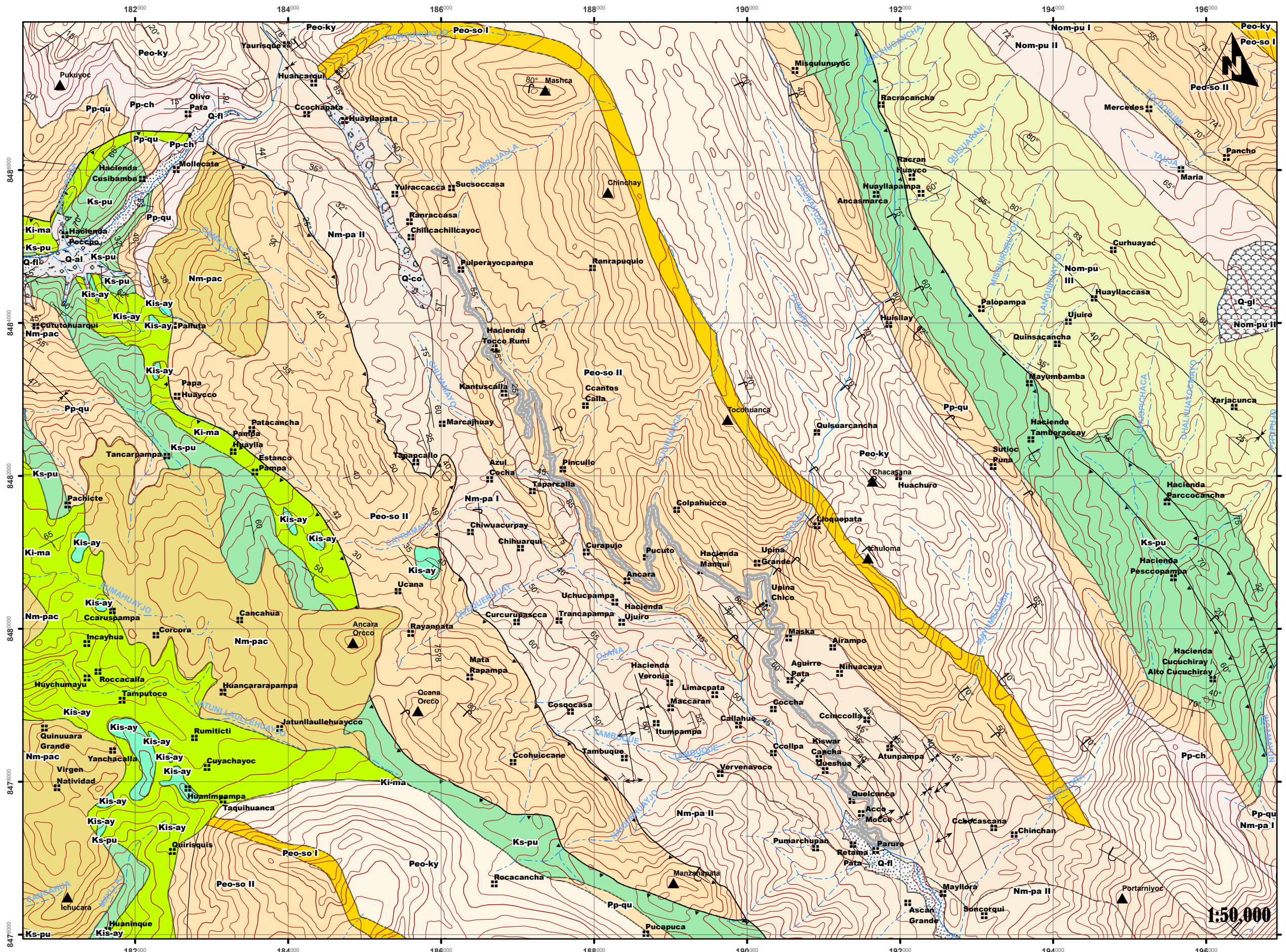
CUADRO DE SITUACION DE LA HOJA DE CUSCO



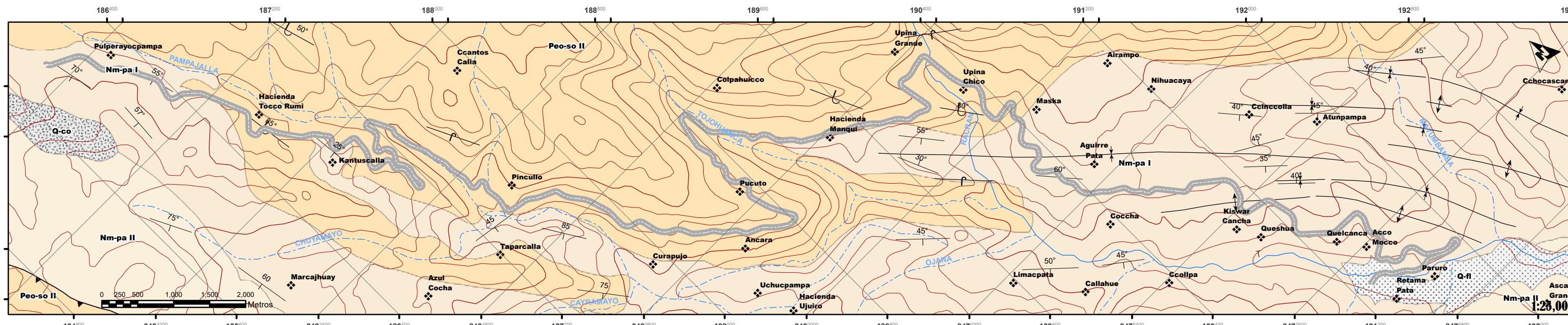
CARTA CUSCO, escala 1:50 000  
(Proyeccion: UTM, Datum WGS84, Zona 18-19 Sur )

ZONA DE ESTUDIO, escala 1:50 000  
(Proyeccion: UTM, Datum WGS84, Zona 18-19 Sur )

Mapa Geológico Regional de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



Mapa Geológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Testis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA GEOLÓGICO"

UBICACIÓN

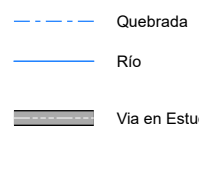
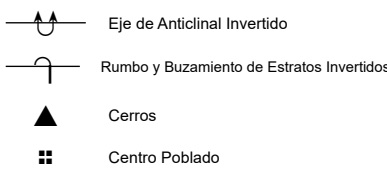
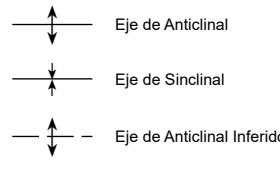
DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA



ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito  
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

M-08



This topographic map depicts the Páucar de Saraguro region. The town of Páucar de Saraguro is centrally located, surrounded by agricultural fields and some forested areas. The Río Chichas flows through the landscape, with several smaller tributaries. The map uses contour lines to show elevation, with peaks reaching up to 3,900 meters. Various geographical features are labeled, including hills like Cerro de la Cruz and Cerro de la Virgen, and rivers like Río Chichas and Río de la Cruz. Distances from the town center are marked along the main road network.

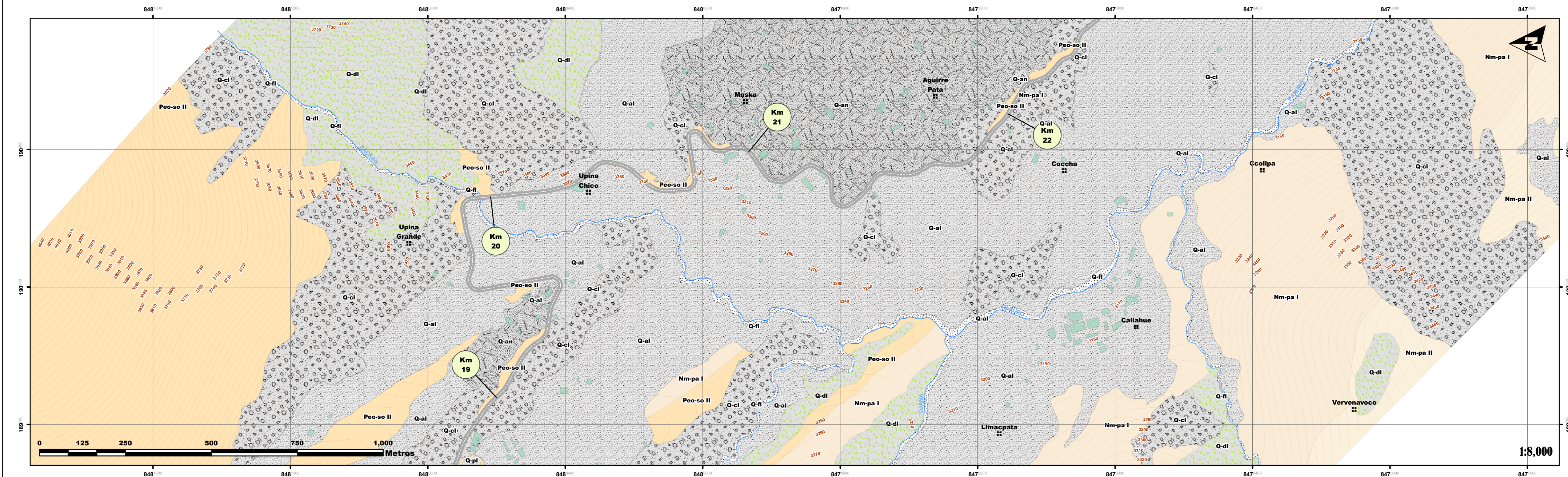
[illegible]

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

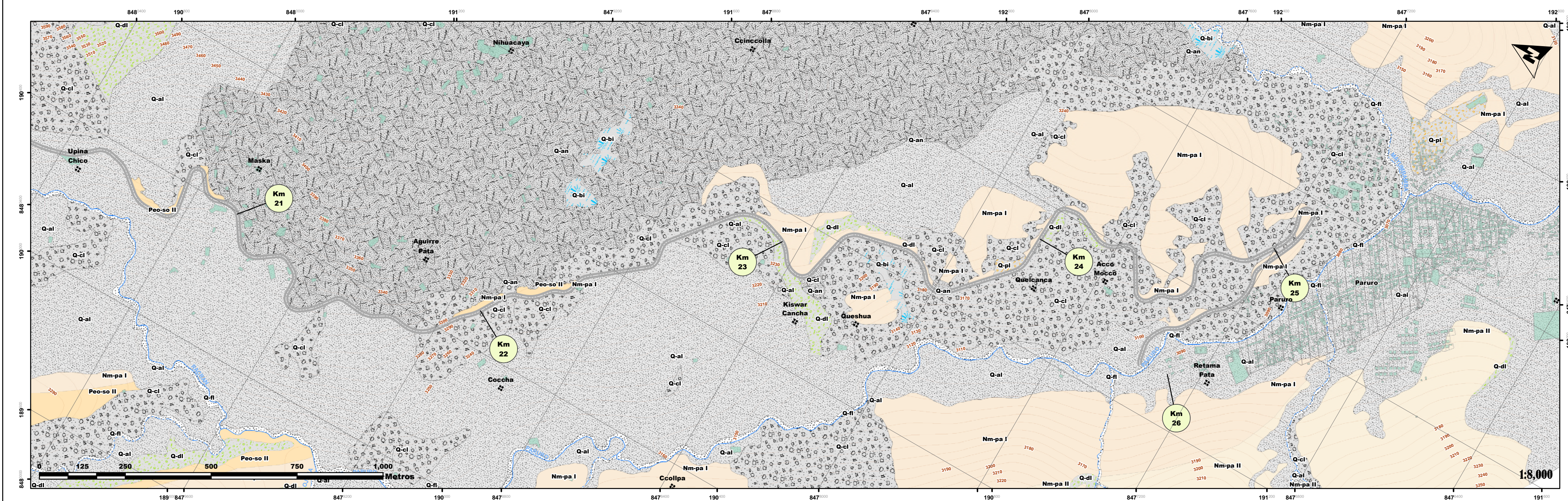
**M-09**



Mapa Geológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

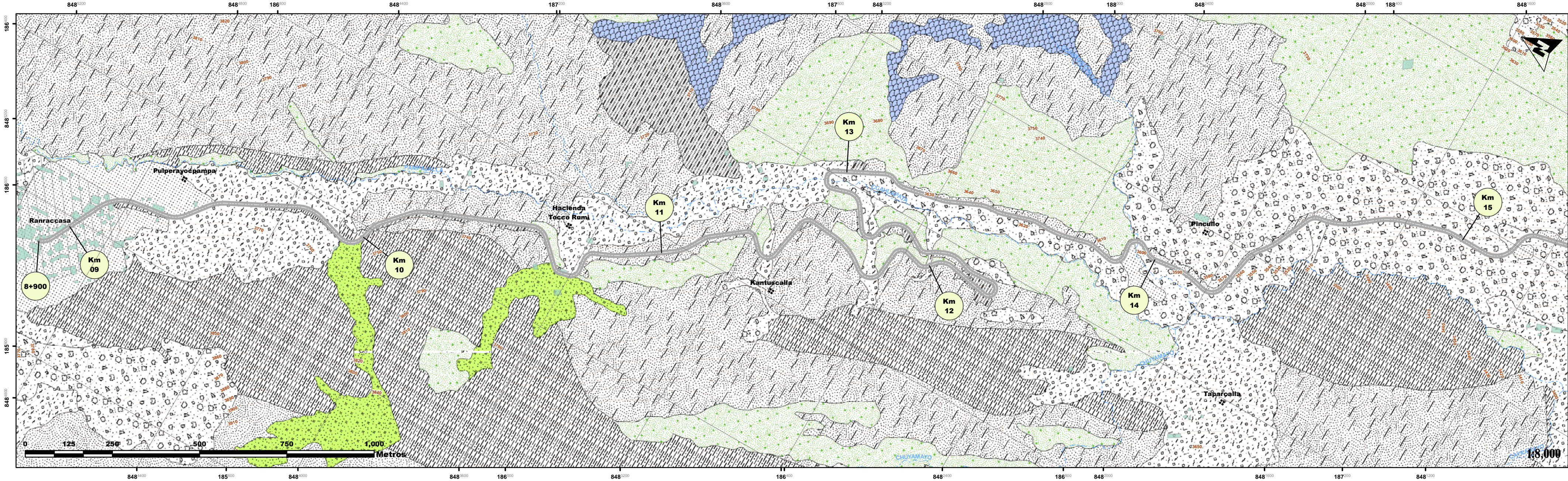


Mapa Geológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

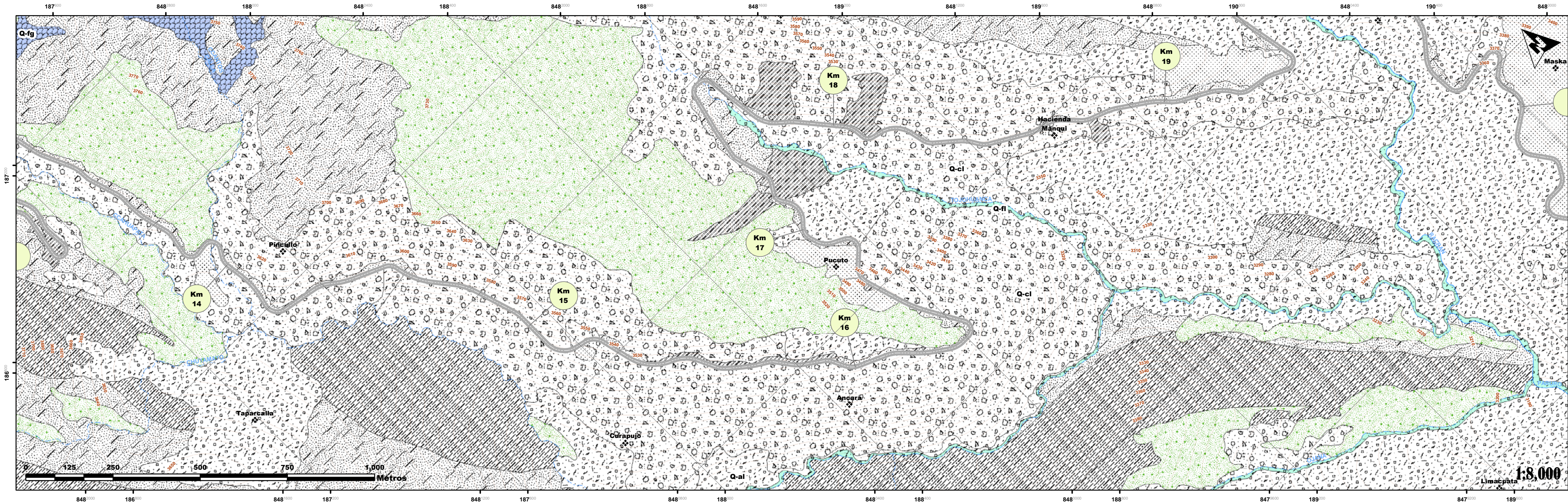




Mapa Litológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



Mapa Litológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)



Fuente: Modificado de INGENMET (2011)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Test:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA LITOLÓGICO LOCAL I"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: 1:8000

SIMBOLOGÍA

	Localidades		Vía en Estudio
	Centro Poblado		Río
	Cerros		Kilómetros de la Vía
	Quebrada		Curvas de Nivel

COLOR		DESCRIPCIÓN		COLOR		DESCRIPCIÓN		COLOR		DESCRIPCIÓN	
		Acumulación de restos orgánicos, material turboso				Fragmentos de Roca heterométricos con arenas, cantos redondeados				Intercalación de lutitas y areniscas	
		Intercalación de areniscas fluviales y conglomerados				Fragmentos de Roca heterométricos en una matriz limoarenoso-arcillosa				Lutitas, limolitas y conglomerados	
		Bloque de Rocas subredondeadas en una matriz arcilla-limoarenosa				Fragmentos de roca heterométricos redondeados con arenas, cantos				Suelo fino y arcillas arenosas con Fragmentos Roccosos	
		Fragmentos de Roca angulosos envueltos en una matriz limosa				Intercalación de lutitas rojas y areniscas finas					

ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito

- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

































































FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

M-11



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

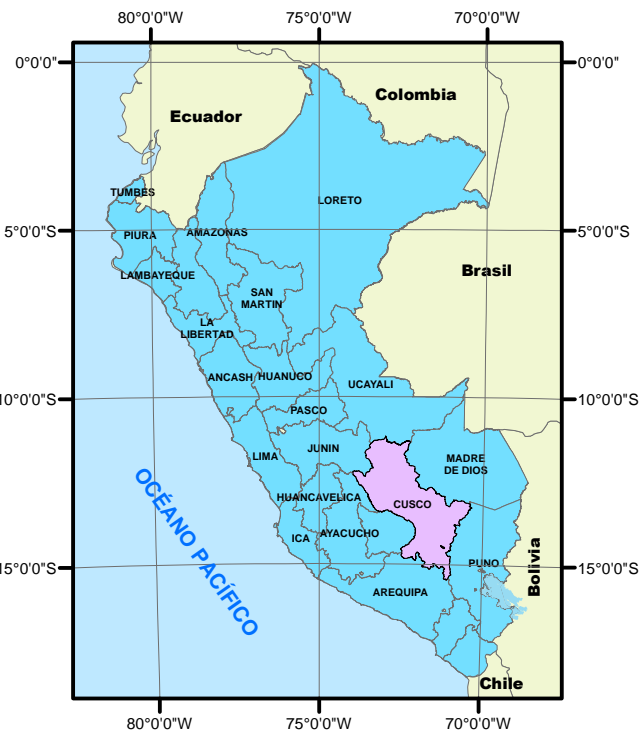
LEYENDA				ASESOR:	Mapa N°
<b>COLOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COLOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Mgt. José Carlos Ramírez Prada</b>	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">M-12</div>
	Acumulación de restos orgánicos, material rocoso		Fragmentos de Roca heterométricos con arenas, cantos redondeados	<b>ELABORADO POR:</b>	
	Intercalación de areniscas fluviátiles y conglomerados		Lutitas, limolitas y conglomeraos	<b>- Br. Richard Mijael Chacon Tito</b> <b>- Br. Santos Edwin Arias Villacorta</b>	
	Bloque de Rocas subredondeadas en una matriz arcilla-limoarenosa		Material generado por el hombre	<b>FECHA:</b>	Septiembre-Diciembre del 2019
	Fragmentos de Roca angulosos envueltos en una matriz limosa		Suelo fino y arcillas arenosas con Fragmentos Rocosos		
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					
					



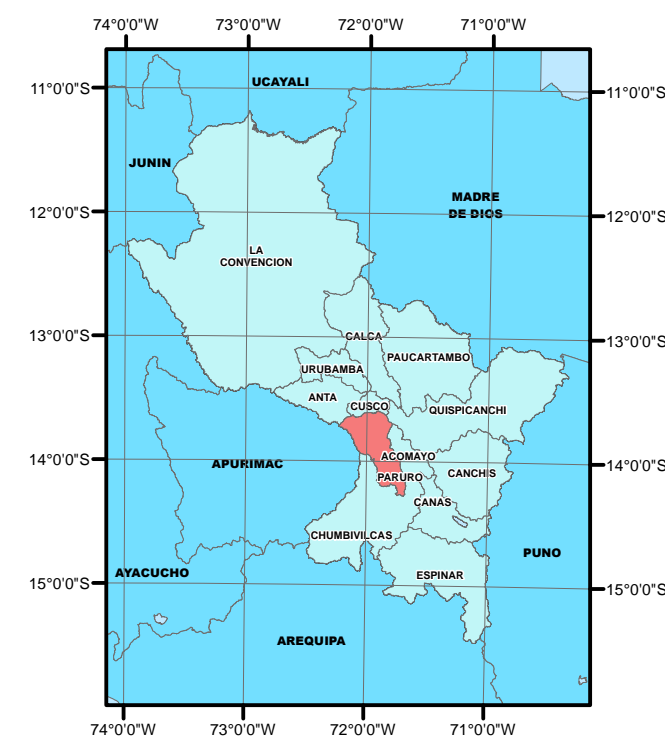
Mapa Estructural Regional de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



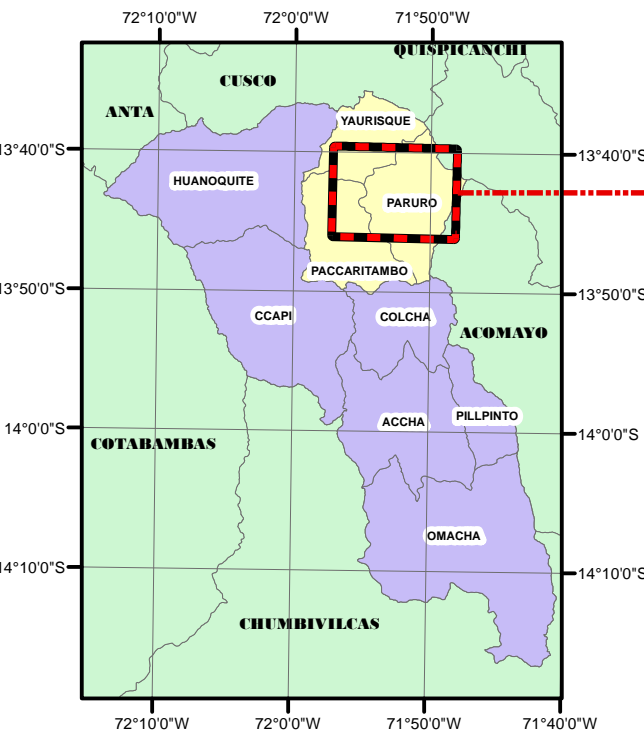
PAISES DE SUDAMÉRICA  
DEPARTAMENTOS DEL PERÚ



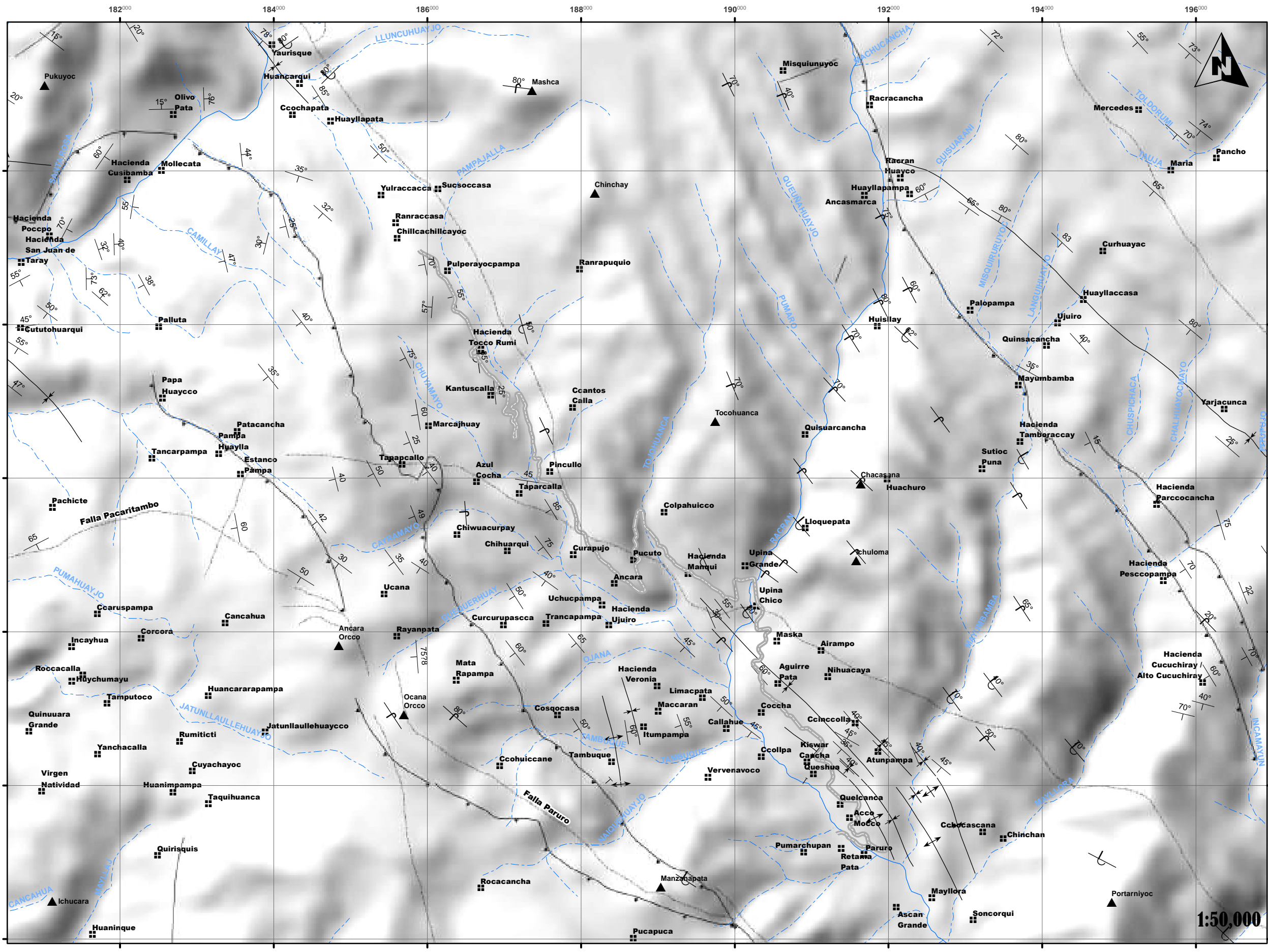
DEPARTAMENTO DEL CUSCO  
PROVINCIA CUSCO



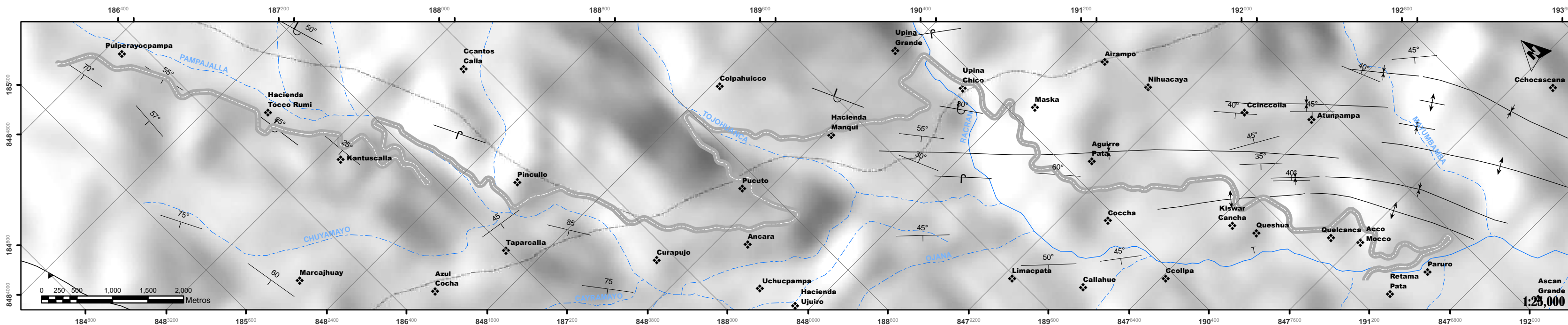
PROVINCIAS CUSCO  
DISTRITOS PARURO



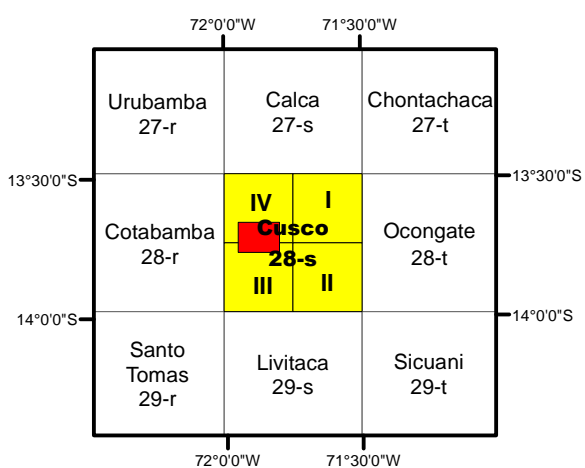
DISTRITOS PARURO  
ZONA DE ESTUDIO



Mapa Estructural Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



CUADRO DE SITUACION  
DE LA HOJA DE CUSCO



CARTA CUSCO, escala 1:50 000  
(Proyeccion: UTM, Datum WGS84, Zona 18-19 Sur)

ZONA DE ESTUDIO, escala 1:50 000  
(Proyeccion: UTM, Datum WGS84, Zona 18-19 Sur)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Testis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA ESTRUCTURAL"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA

Rumbo y Buzamiento de Estratos  
Estratos Verticales  
Falla  
Falla Infrida  
Falla Inversa

Eje de Anticlinal  
Eje de Sinclinal  
Eje de Anticlinal Invertido

Eje de Anticlinal Invertido  
Rumbo y Buzamiento de Estratos Invertidos  
Cerros  
Centro Poblado

Quebrada  
Rio  
Via en Estudio

ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramirez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito  
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

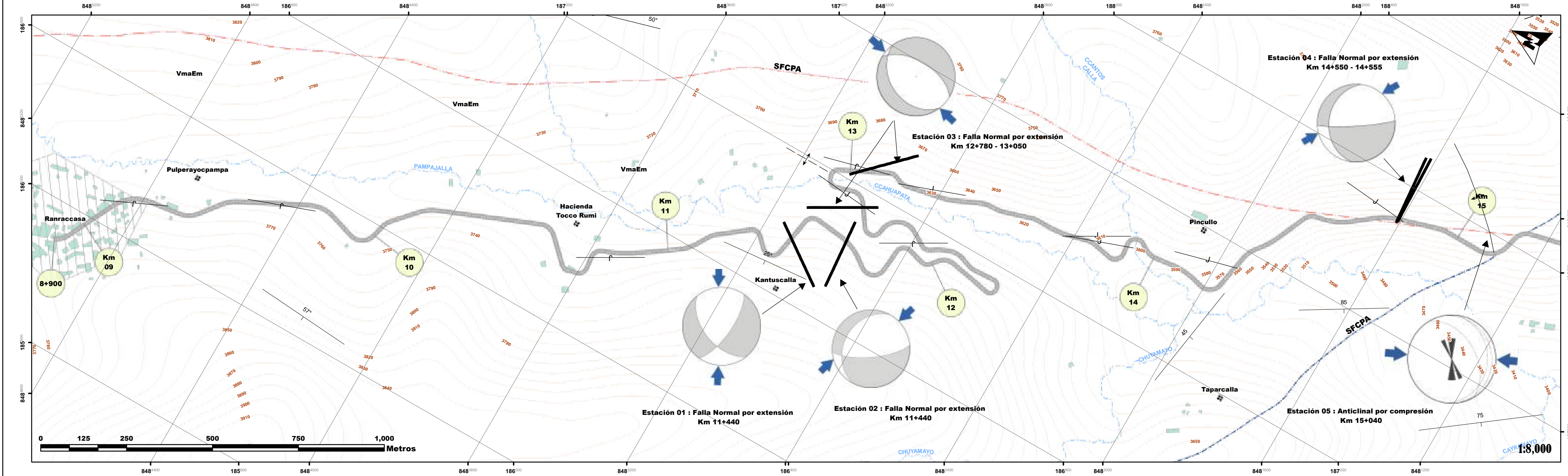
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

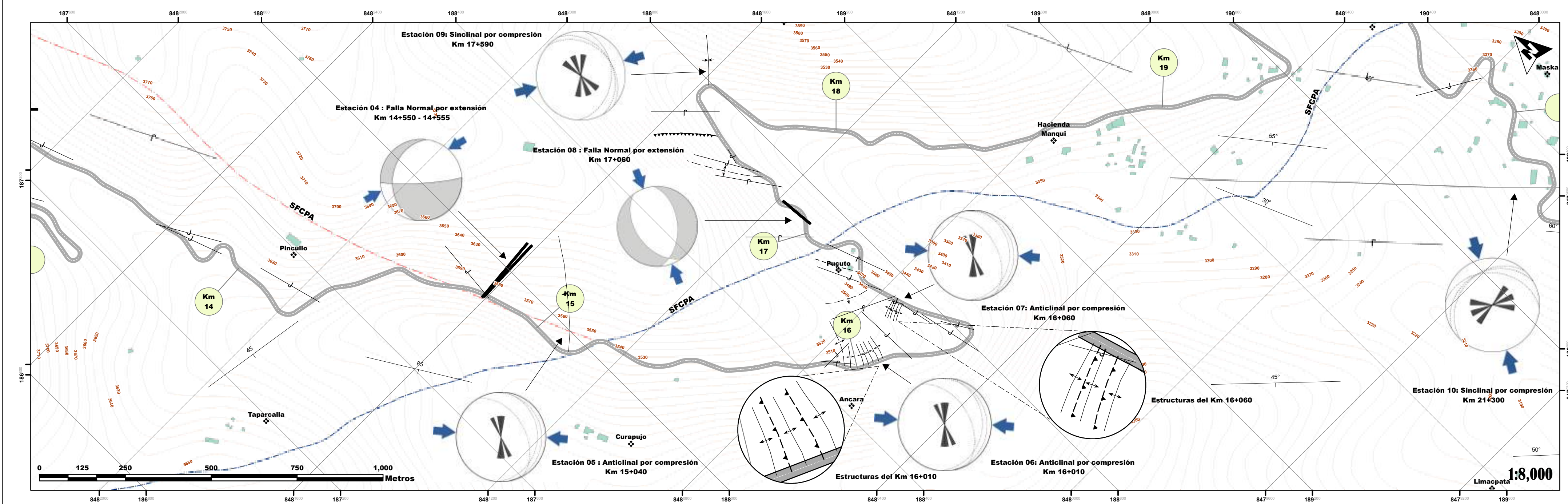
M-13



Mapa Estructural Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

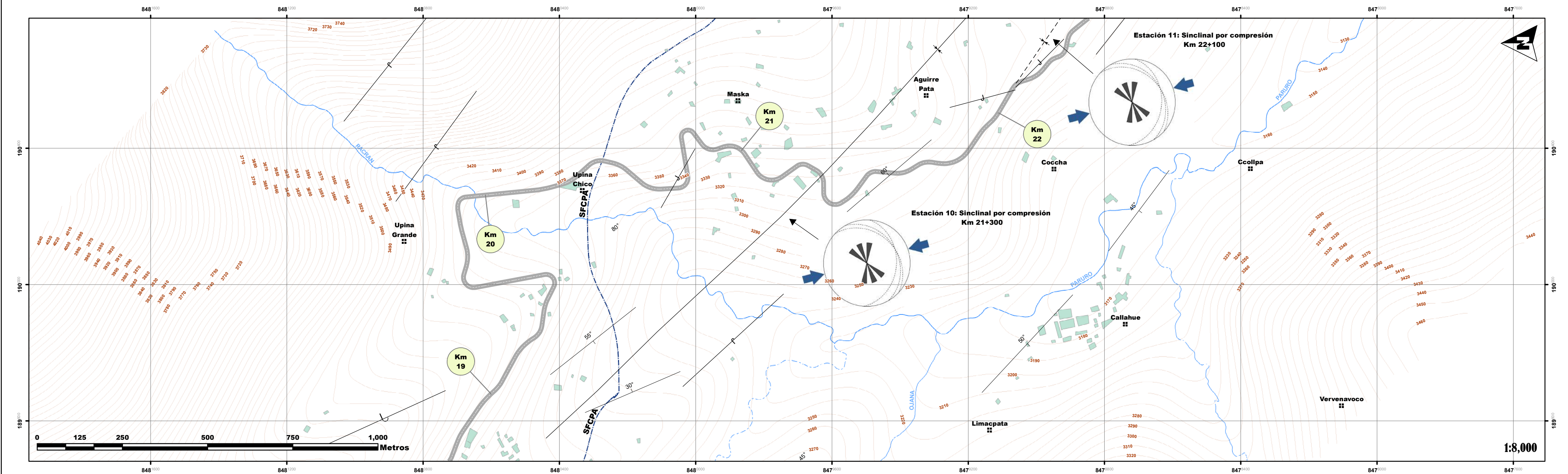


Mapa Estructural Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

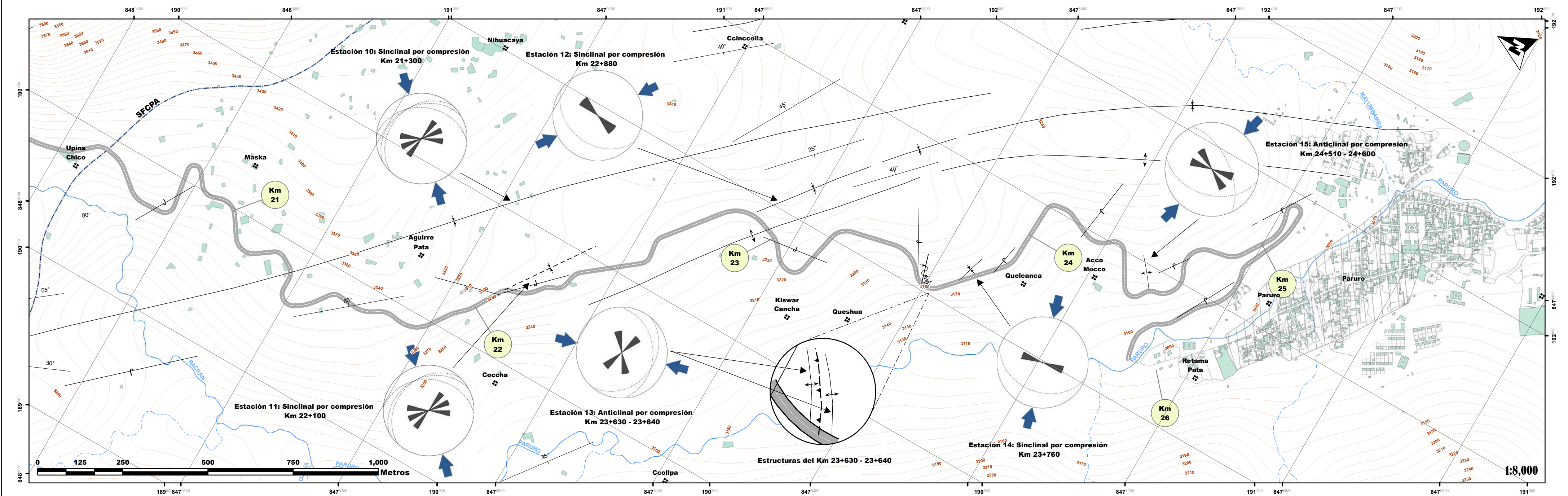




Mapa Estructural de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)



Mapa Estructural Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)



Fuente: Modificado de INGENMET (2011)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tests:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL II"

UBICACIÓN

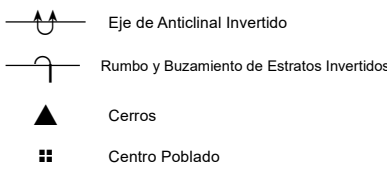
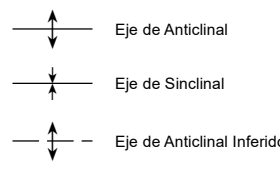
DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: 1:8000

SIMBOLOGÍA



ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito

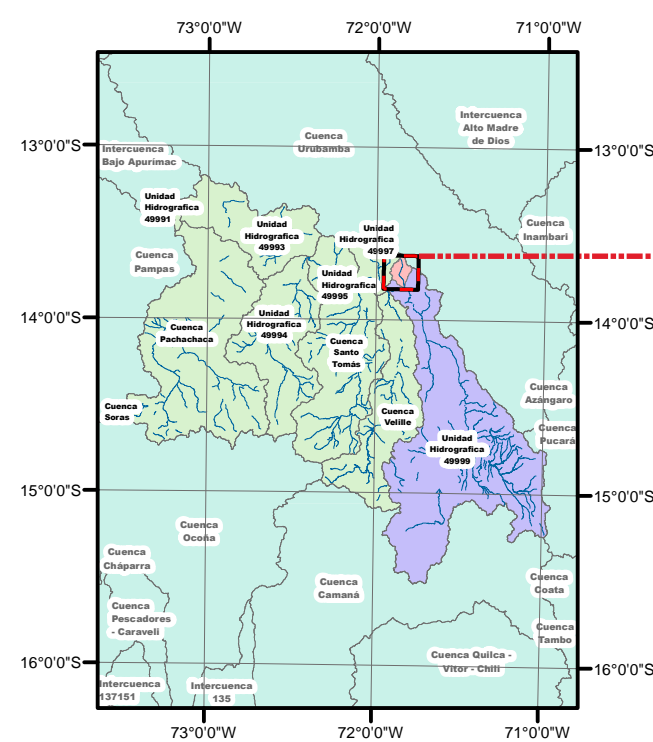
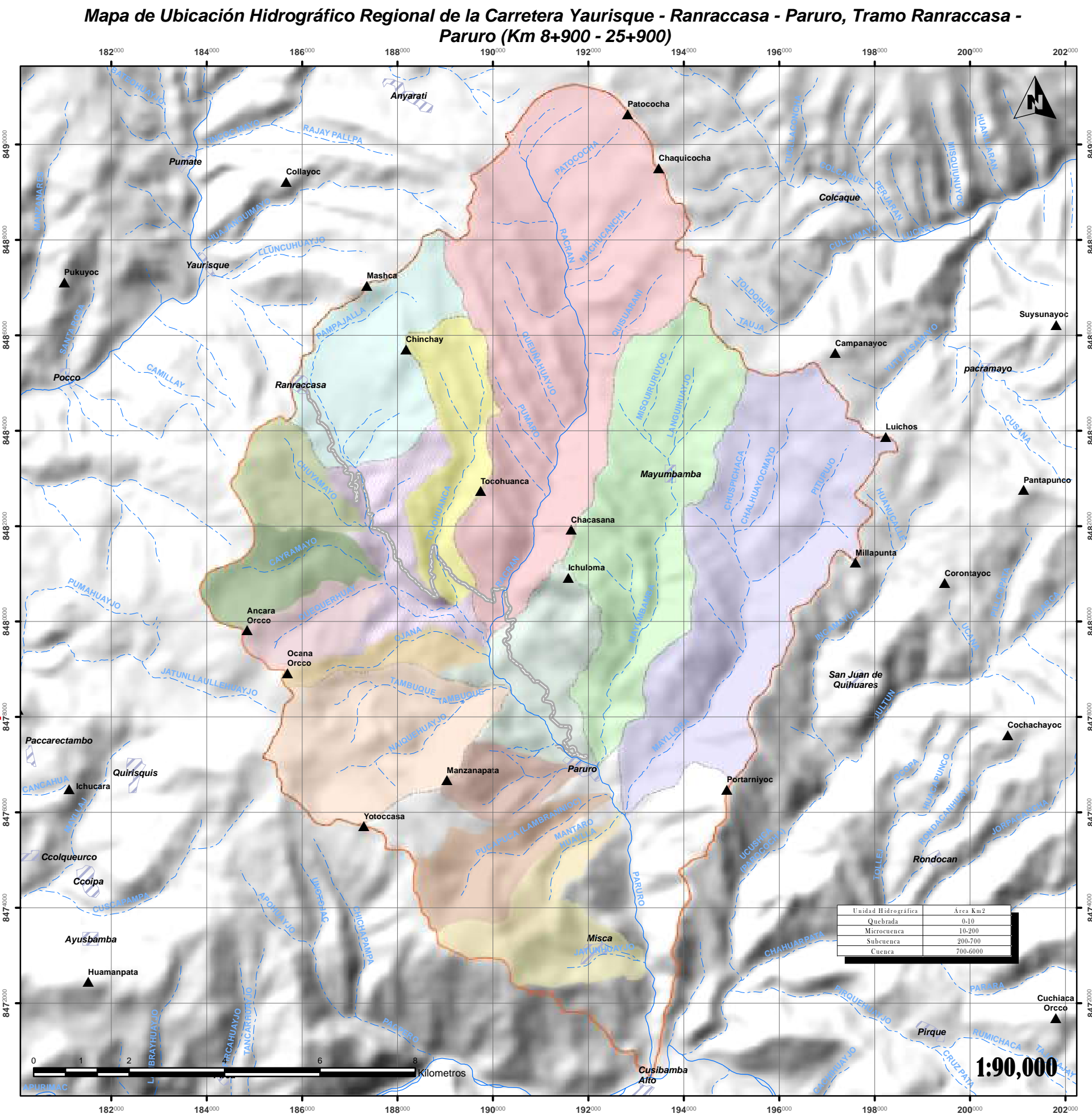
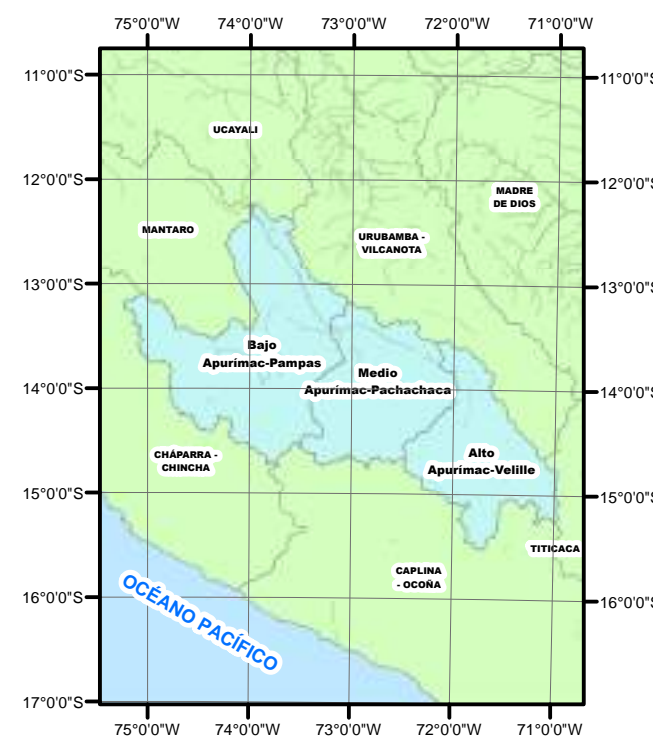
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

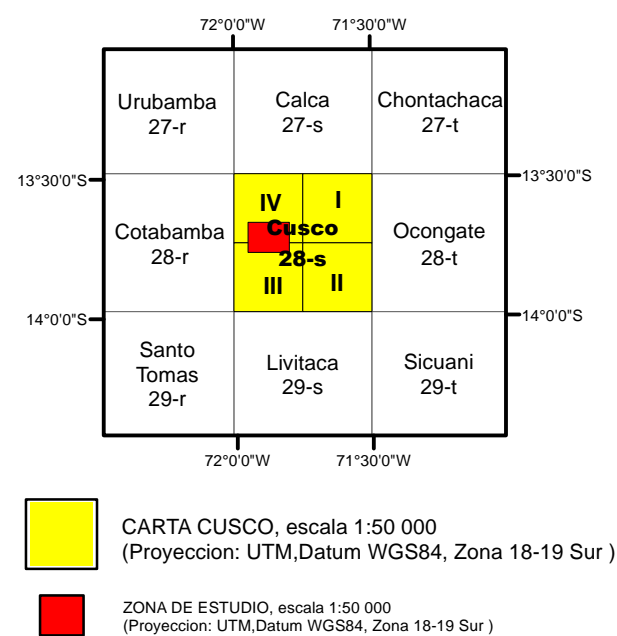
M-15



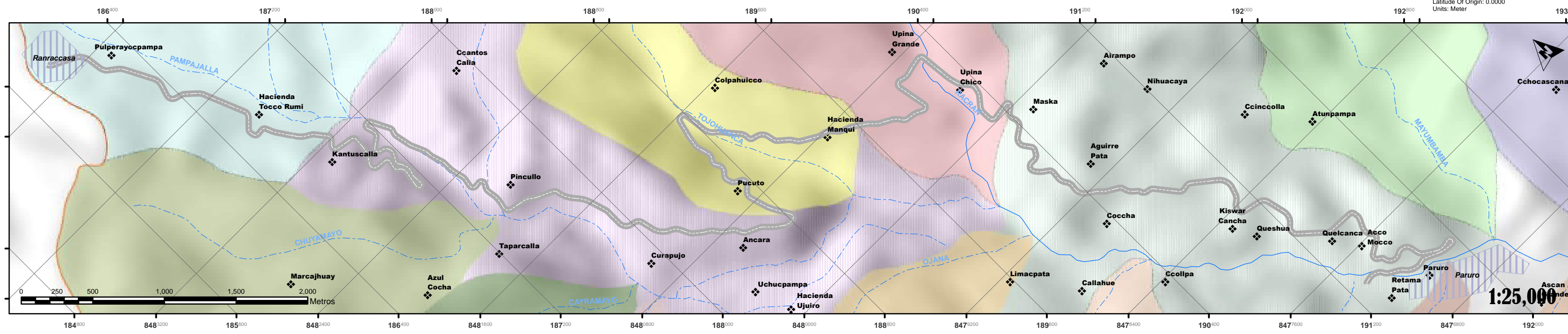


BASE TOPOGRAFICA DIGITALIZADA, AMPLIADA A ESCALA 1:50000 Y TRANSFORMADA AL SISTEMA GEODESICO MUNDIAL 1984 (WGS84)  
HOJA DE CUSCO (28-s) ESCALA 1:100000  
PUBLICADA POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN) LIMA-PERU

## CUADRO DE SITUACION DE LA HOJA DE CUSCO

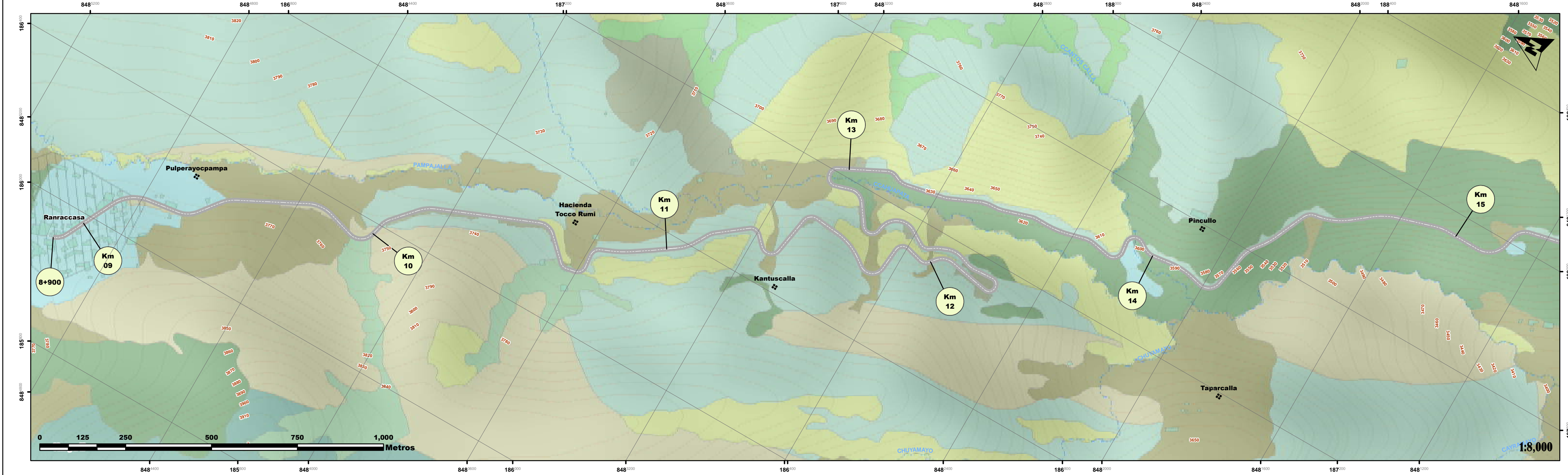


**Mapa de Ubicación Hidrográfica Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)**

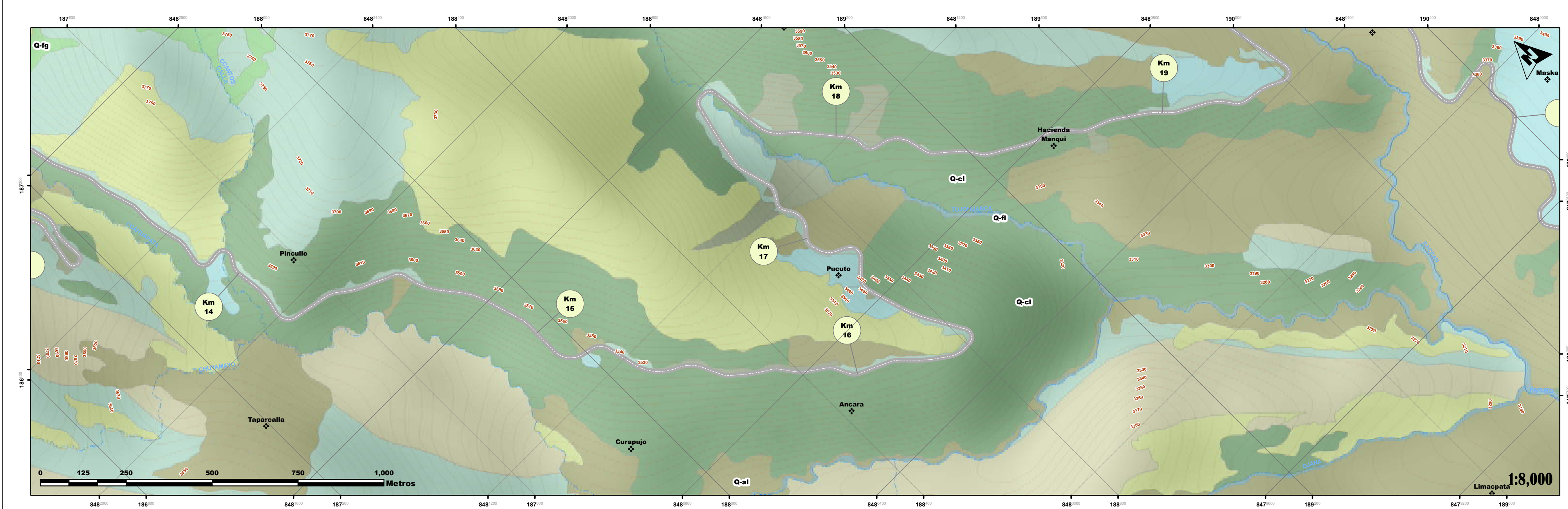




Mapa Hidrogeológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



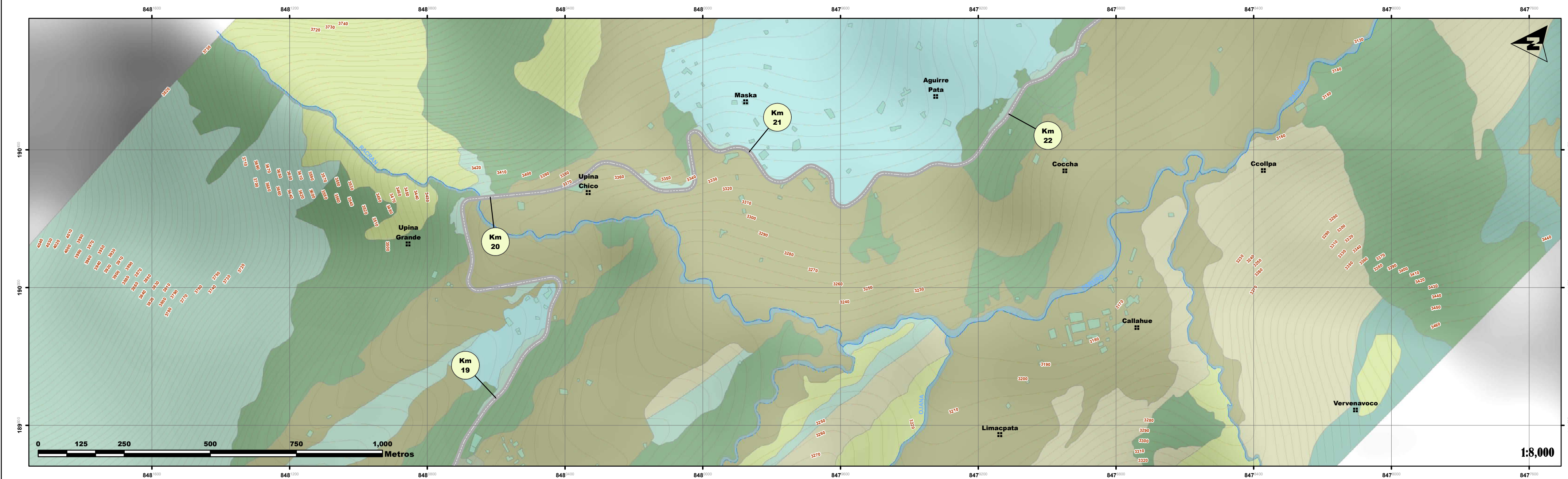
Mapa Hidrogeológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)



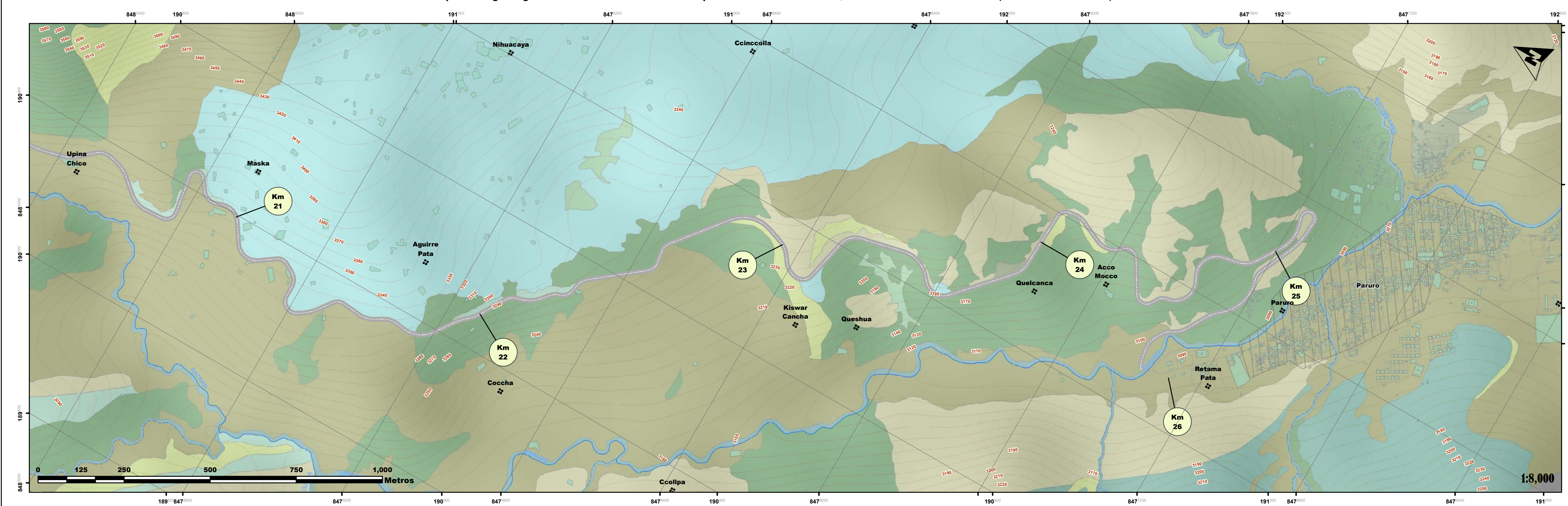
Fuente: Modificado de INGENMET (2011)



Mapa Hidrogeológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

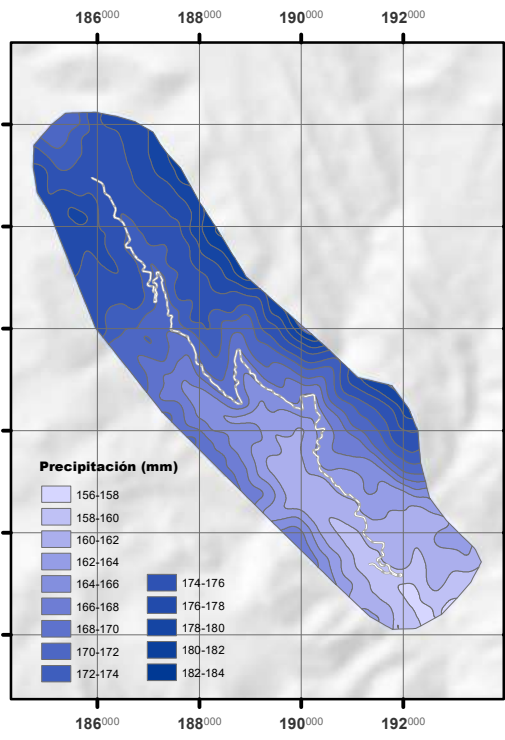


Mapa Hidrogeológico Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

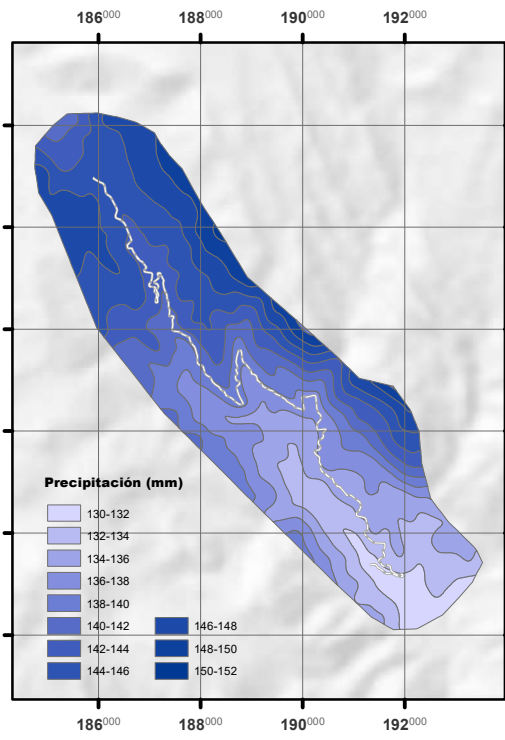




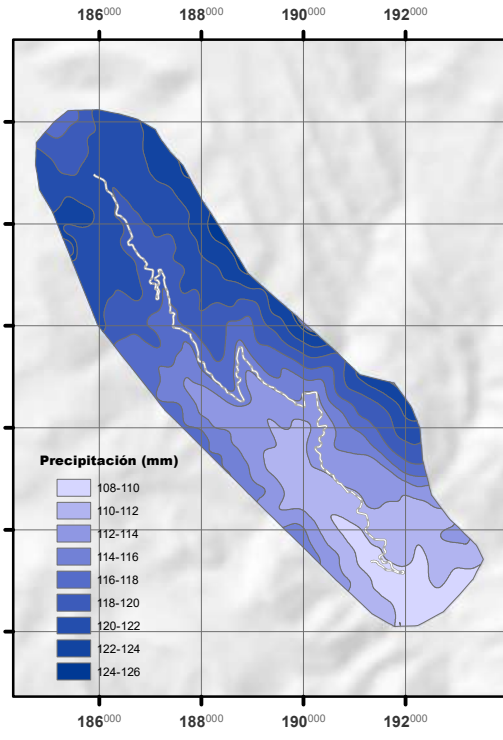
Mapa de Precipitaciones Mensuales de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 25+900)



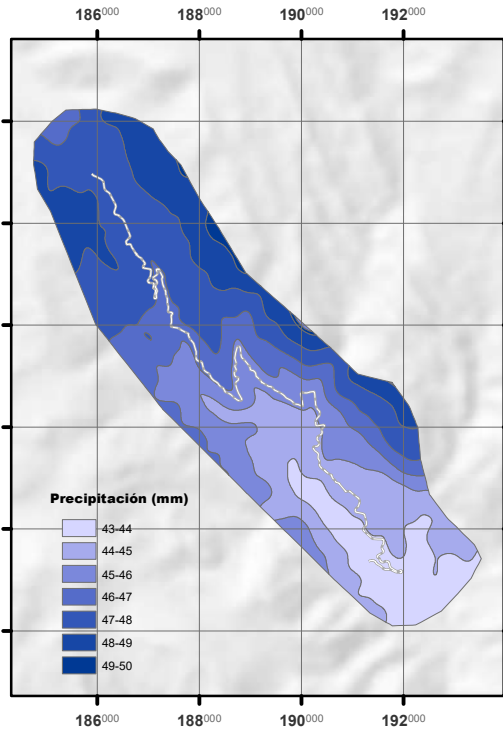
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE ENERO



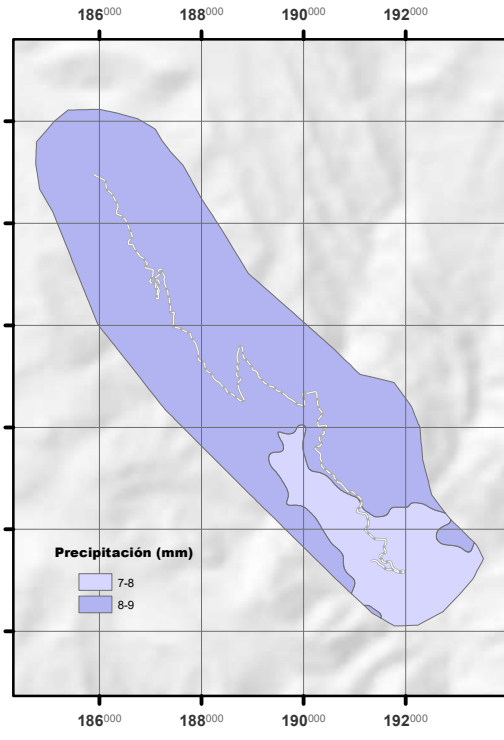
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE FEBRERO



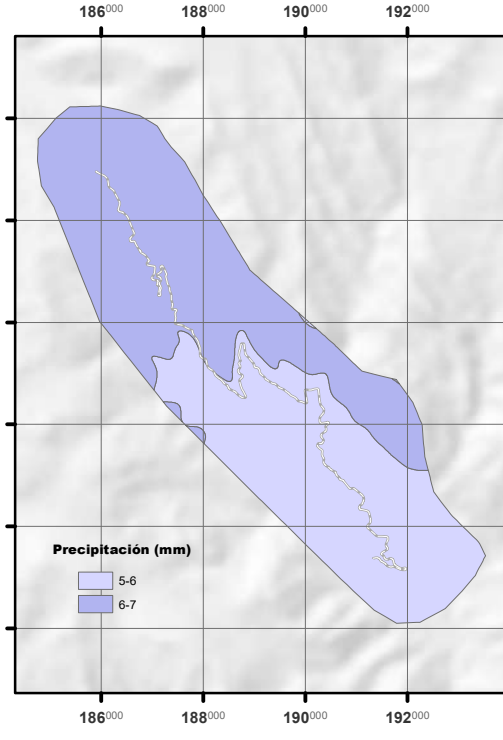
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE MARZO



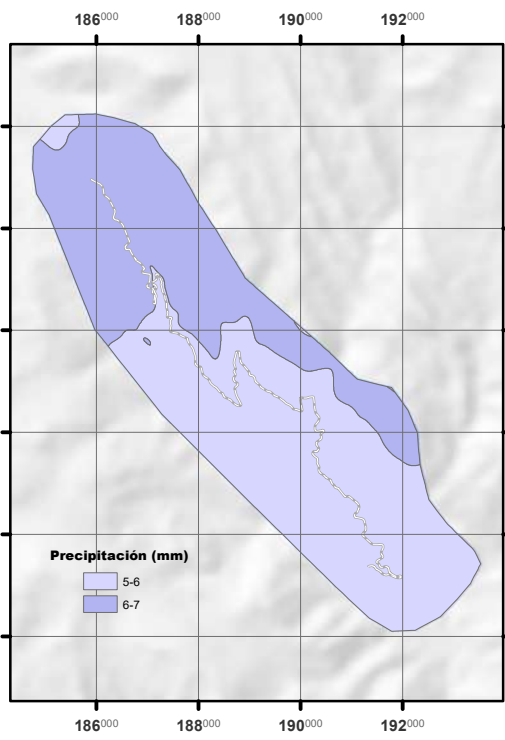
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE ABRIL



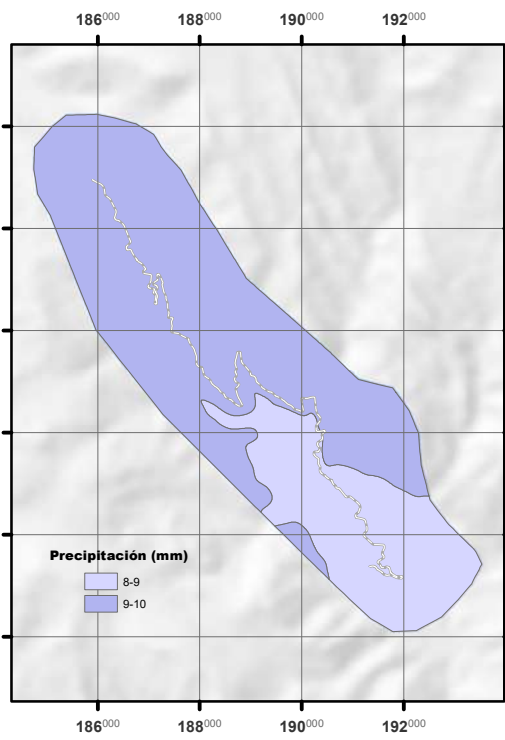
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE MAYO



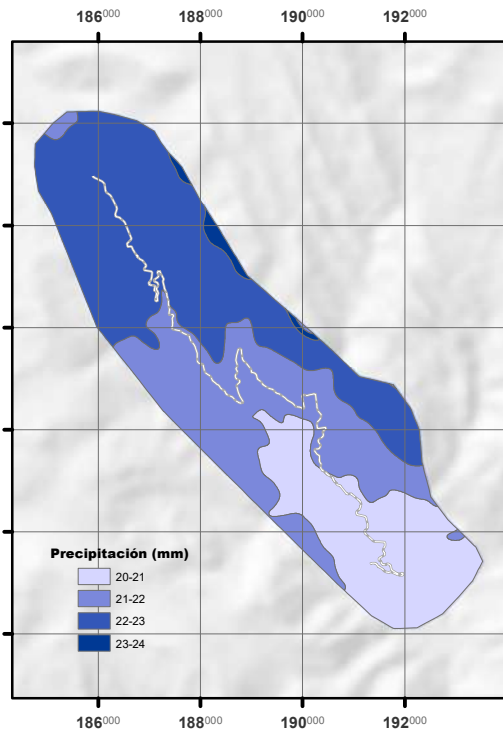
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE JUNIO



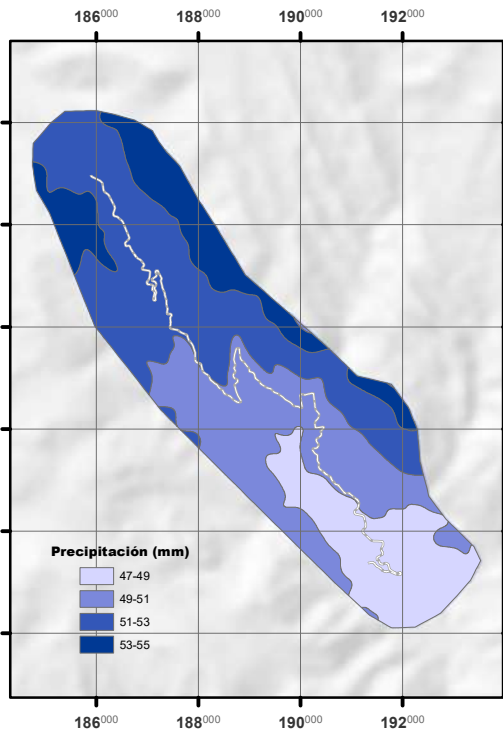
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE JULIO



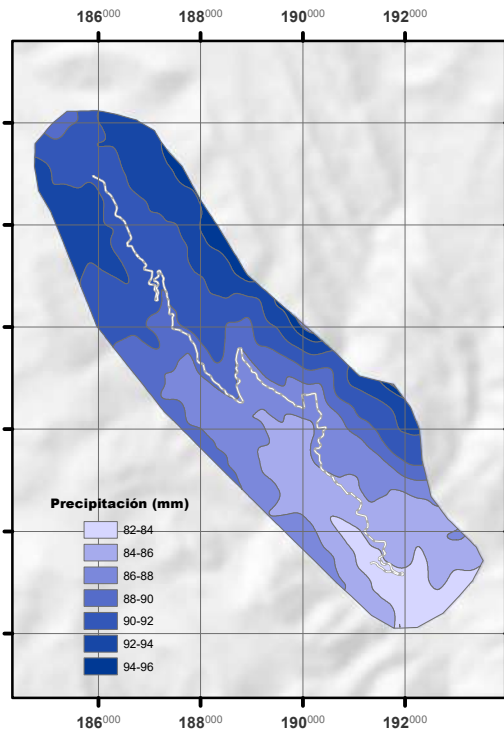
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE AGOSTO



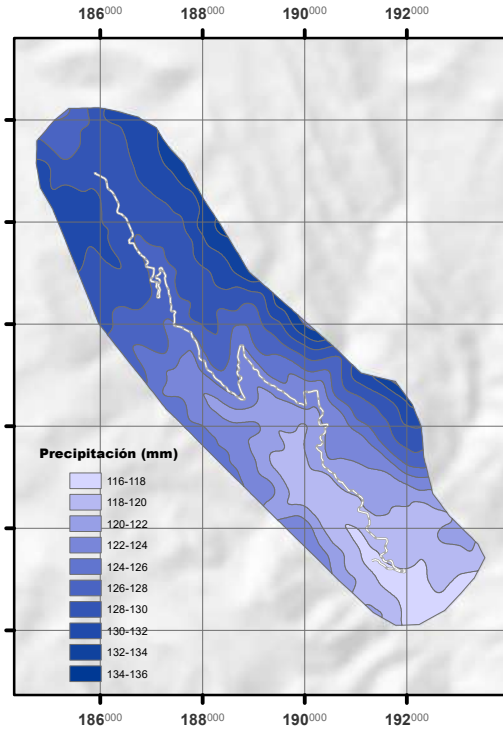
PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE SEPTIEMBRE



PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE OCTUBRE



PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE NOVIEMBRE

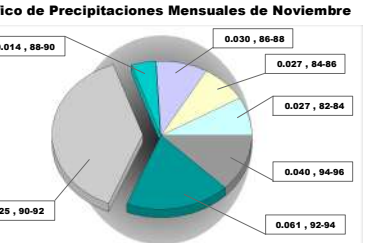
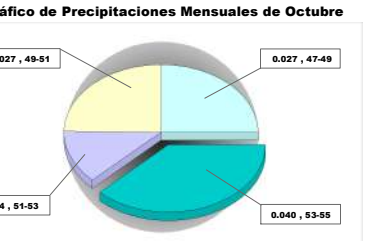
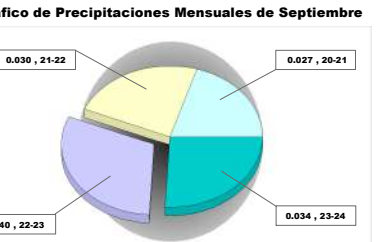
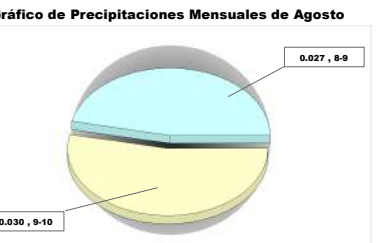
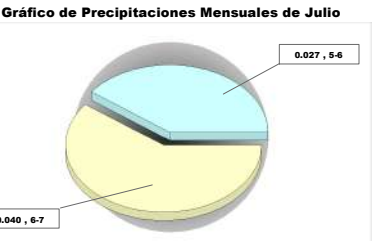
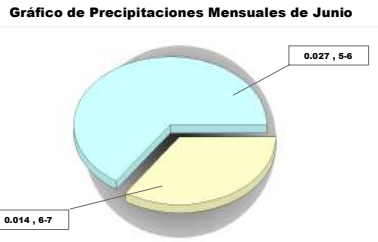
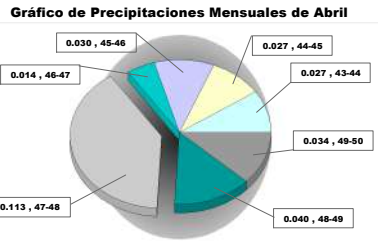
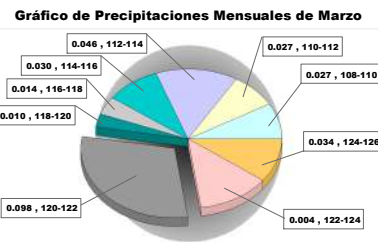
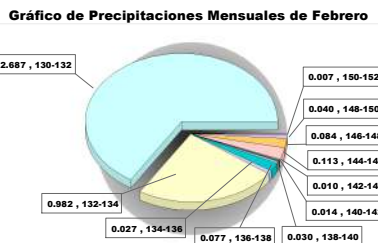
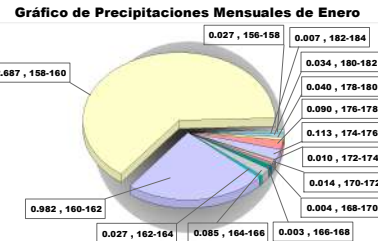


PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL AREA DE INFLUENCIA - MES DE DICIEMBRE

DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS - PRECIPITACIONES MENSUALES

PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA												
Estación:	PERAVOC					Latitud:	13° 31' 1"			Departam:	CUSCO	
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)					Longitud:	71° 57' 1"			Provincia:	CUSCO	
Tipo de Estación:	Tipo Convencional - Meteorológica					Altitud:	3629			Districto:	CUSCO	
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	TOTAL
10	2003-2018	173.51	139.17	114.50	41.40	8.10	6.60	5.20	9.10	21.00	47.30	775.30
PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA												
Estación:	ZURITE					Latitud:	13° 28' 1"			Departam:	CUSCO	
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)					Longitud:	72° 16' 1"			Provincia:	CUSCO	
Tipo de Estación:	Tipo Convencional - Meteorológica					Altitud:	3506			Districto:	ZURITE	
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	TOTAL
10	2003-2018	179.61	147.48	120.14	51.77	9.46	5.37	7.54	9.10	25.10	34.20	721.10
PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA												
Estación:	ANTA-ANCAHURO					Latitud:	13° 28' 6"			Departam:	CUSCO	
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)					Longitud:	72° 12' 57"			Provincia:	ANTA	
Tipo de Estación:	Tipo Convencional - Meteorológica					Altitud:	3340			Districto:	ZURITE	
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	TOTAL
10	2003-2018	134.81	117.18	119.10	44.11	7.01	6.00	5.10	8.10	17.14	46.07	617.51
PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA												
Estación:	YAUPI					Latitud:	14° 49' 1"			Departam:	CUSCO	
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)					Longitud:	71° 52' 10"			Provincia:	ESPAÑA	
Tipo de Estación:	Tipo Automática - Meteorológica					Altitud:	3219			Districto:	SAN JERONIMO	
N° DATOS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	TOTAL
10	2003-2018	139.13	120.46	97.80	43.30	7.14	4.00	3.10	8.10	17.10	17.10	555.60

Fuente: Modificado SENAMHI (2018)

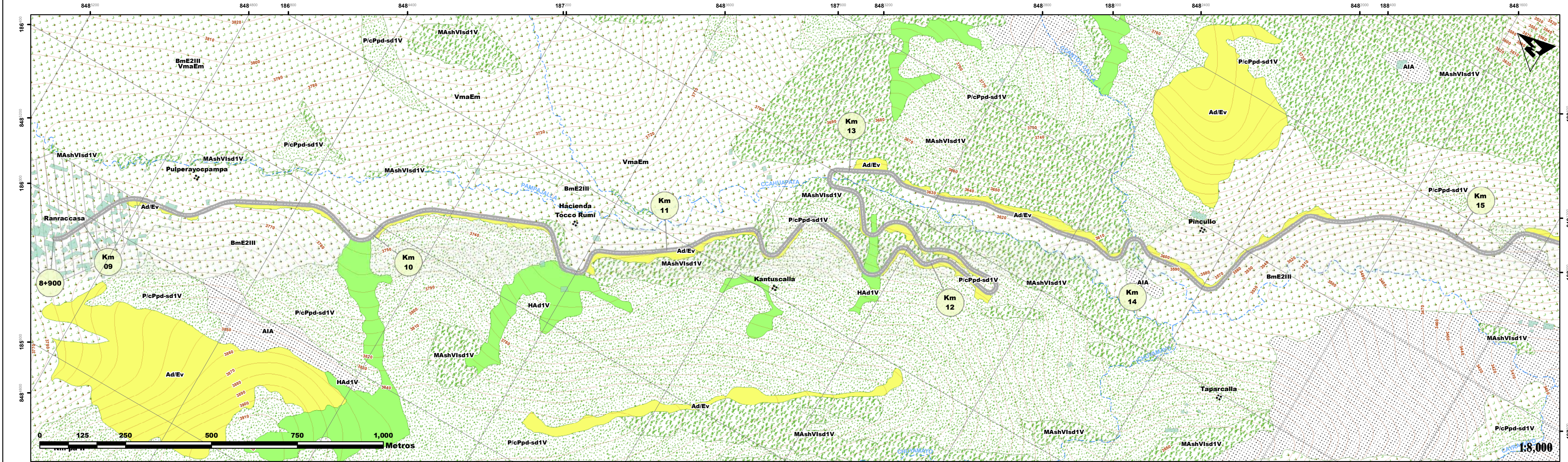


Fuente: Propia

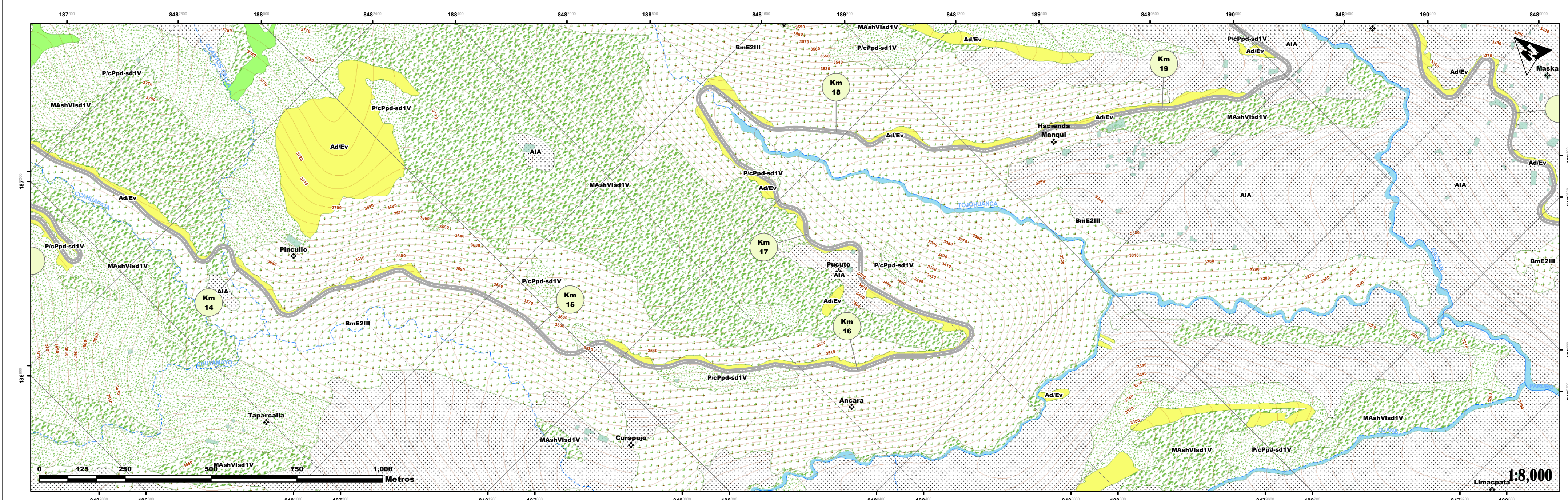
PP (mm) cada 25 m.												
Altitud media (m.s.n.m.)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4125	182.847	151.331	125.695	49.698	9.949	6.480	6.374	9.949	23.406	55.031	95.763	134.896
4100	182.284	150.867	125.310	49.552	9.923	6.460	6.355	9.919	23.335	54.865	95.474	134.491
4075	181.720	150.401	124.924	49.405	9.896	6.441	6.335	9.888	23.264	54.697	95.184	134.085
4050	181.155	149.934	124.536	49.259	9.870	6.421	6.316	9.858	23.193	54.530	94.899	133.679
4025	180.589	149.466	124.146	49.111	9.843	6.401	6.297	9.829	23.121	54.362	94.601	133.273
4000	180.023	148.998	123.758	48.964	9.816	6.382	6.277	9.797	23.050	54.193	94.309	132.867
3975	179.443	148.524	123.366	48.816	9.790	6.362	6.257	9.766	22.977	54.024	94.015	132.459
3950	178.870	148.051	122.974	48.667	9.763	6.342	6.238	9.738	22.905	53.854	93.720	132.053
3925	178.294	147.577	122.580	48.518	9.736	6.322	6.218	9.705	22.831	53.684	93.425	131.645
3900	177.719	147.101	122.185	48.369	9.709	6.302	6.198	9.678	22.758	53.513	93.129	131.237
3875	177.138	146.623	121.789	48.219	9.681	6.282	6.178	9.648	22.687	53.341	92.831	130.829
3850	176.556	146.144	121.391	48.068	9.654	6.262	6.158	9.617	22.614	53.169	92.533	130.421
3825	175.973	145.665	120.993	47.917	9.627	6.242	6.138	9.581	22.540	52.997	92.234	129.999
3800	175.388	145.181	120.592	47.766	9.600	6.222	6.118	9.549	22.467	52.824	91.933	129.585
3775	174.801	144.697	120.191	47.614	9.572	6.202	6.098	9.518	22.391	52.650	91.632	129.171
3750	174.213	144.211	119.788	47.462	9.544	6.181	6.078	9.486	22.319	52.476	91.330	128.756
3725	173.622	143.724	119.384	47.309	9.517	6.161	6.058	9.455	22.244	52.301	91.027	128.341
3700	173.035	143.235	118.978	47.156	9.489	6.140	6.038	9.423	22.170	52.126	90.723	127.926
3675	172.444	142.745	118.571	47.002	9.461	6.120	6.017	9.391	22.095	51.950	90.417	127.511
3650	171.837	142.252	118.163	46.848	9.433	6.099	5.997	9.359	22.020	51.773	90.111	127.096
3625	171.238	141.758	117.753	46.693	9.405	6.079	5.976	9.327	21.944	51.596	89.804	126.681
3600	170.636	141.263	117.342	46.537	9.377	6.058	5.956	9.295	21.869	51.419	89.495	126.266
3575	170.031	140.765	116.929	46.381	9.349	6.037	5.935	9.263	21.793	51.242	89.186	125.851
3550	169.427	140.266	116.515	46.225	9.320	6.016	5.914	9.230	21.716	51.063	88.875	125.436
3525	168.820	139.765	116.099	46.068	9.292	5.995	5.893	9.198	21.640	50.881	88.564	125.021
3500	168.210	139.262	115.682	45.911	9.263	5.974	5.873	9.165	21.563	50.701	88.251	124.606
3475	167.598	138.758	115.263	45.753	9.235	5.953	5.852	9.132	21.486	50.520	87.937	124.191
3450	166.984	138.251	114.843	45.594	9.206	5.932	5.831	9.100	21.408	50.338	87.622	123.776
3425	166.367	137.743	114.422	45.435	9.177	5.911	5.809	9.067	21.331	50.156	87.306	123.361
3400	165.748	137.233	113.998	45.276	9.148	5.889	5.785	9.034	21.253	49.973	86.989	122.946
3375	165.127	136.722	113.574	45.115	9.119	5.868	5.762	9.000	21.175	49.790	86.671	122.531
3350	164.505	136.207	113.147	44.955	9.090	5.847	5.740	8.967	21.097	49.605	86.351	122.116
3325	163.877	135.691	112.719	44.793	9.061	5.825	5.718	8.934	21.018	49.420	86.030	121.701
3300	163.249	135.173	112.289	44.631	9.032	5.803	5.703	8.900	20.939	49.235	85.708	121.286
3275	162.618	134.653	111.858	44.469	9.002	5.782	5.681	8.866	20.860	49.048	85.385	120.871
3250	161.985	134.134		44.309	8.973	5.761	5.660	8.837	20.781	48.863	85.062	120.456
3225	161.349	133.607	110.990	44.142	8.943	5.739	5.638	8.798	20.700	48.674	84.735	119.978
3200	160.711	133.081	110.554	43.978	8.913	5.716	5.616	8.764	20.620	48.485	84.408	119.543
3175	160.070	132.553	110.116	43.813	8.883	5.694	5.593	8.729	20.539	48.296	84.080	119.109
3150	159.427	132.023	109.673	43.647	8.853	5.672	5.572	8.698	20.458	48.106	83.751	118.689
3125	158.783	131.493	109.234	43.481	8.823	5.649	5.550	8.661	20.377	47.915	83.420	118.257
3100	158.133	130.954	108.791	43.314	8.793	5.627	5.528	8.629	20.296	47.724	83.088	117.822
3075	157.481	130.419	108.346	43.146	8.763	5.605	5.505	8.592	20.214	47.531	82.754	117.391



Mapa de Cobertura Vegetal Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

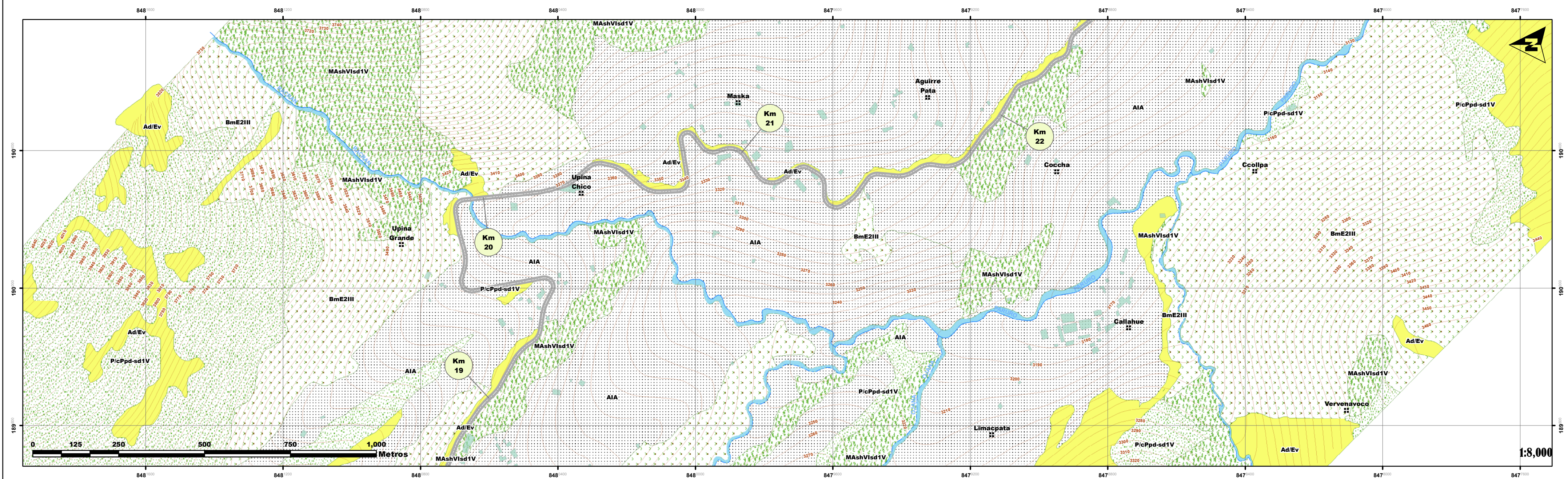


Mapa de Cobertura Vegetal Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

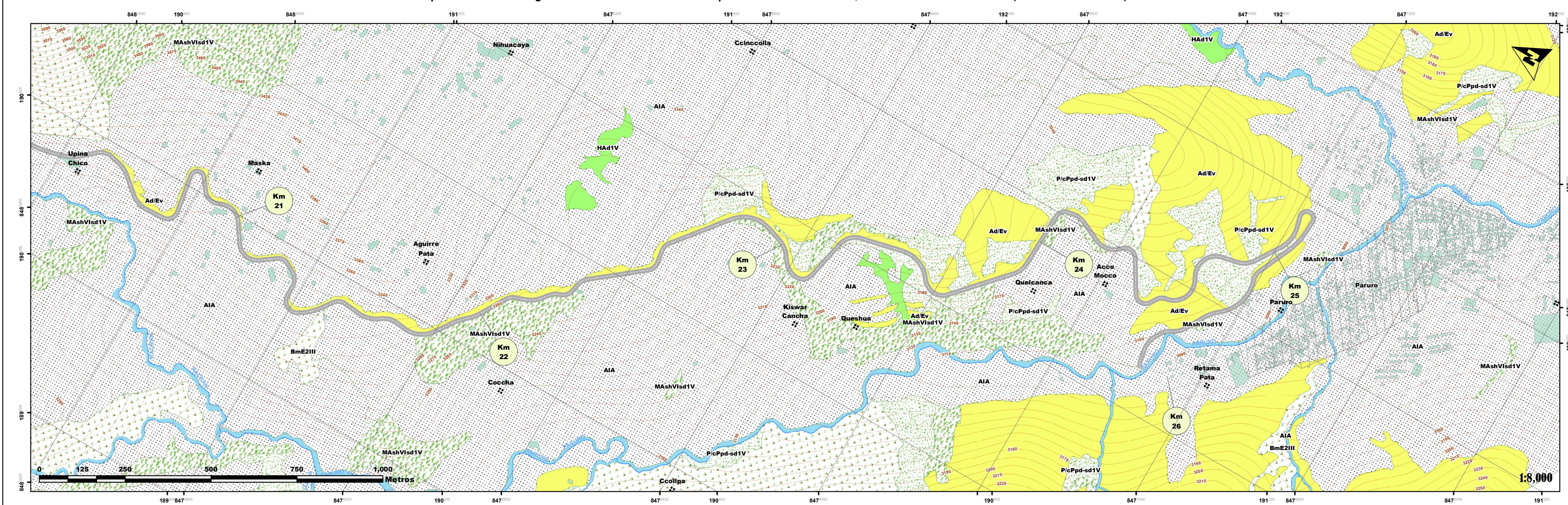




Mapa de Cobertura Vegetal Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

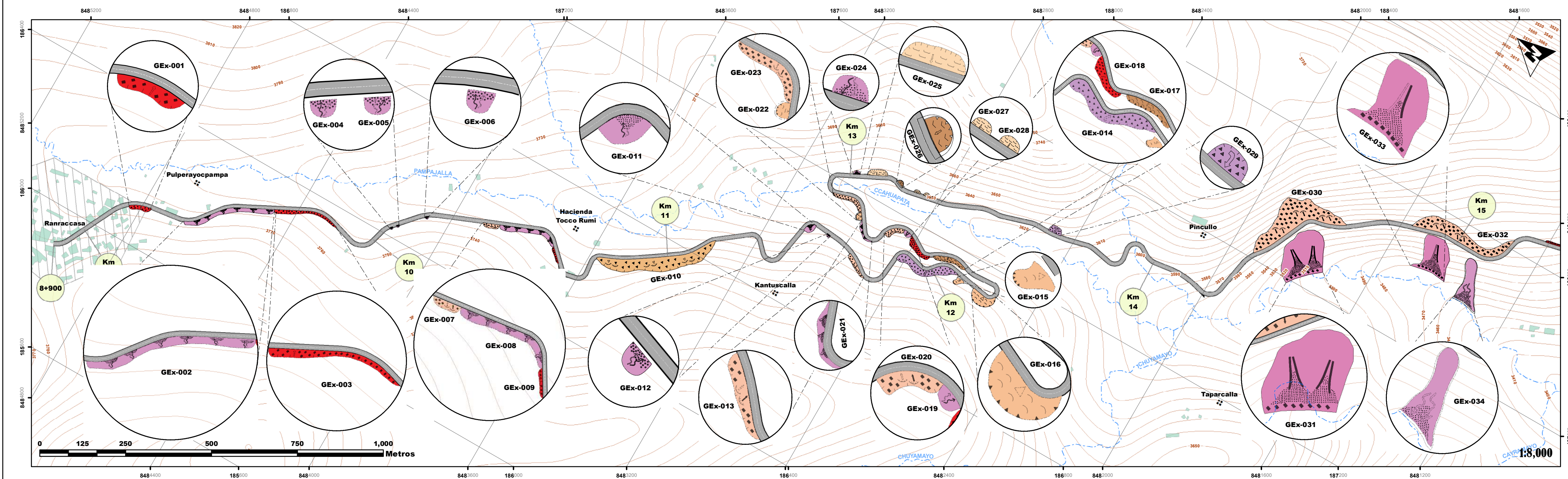


Mapa de Cobertura Vegetal Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

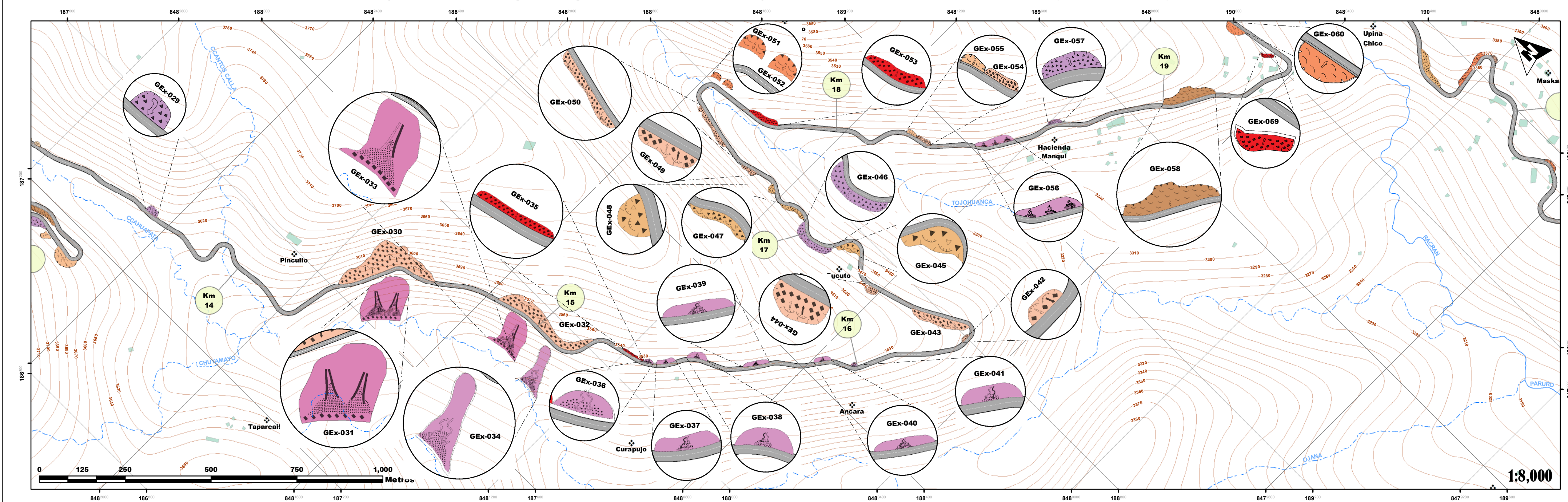




Mapa de Inventario de Peligros Geológicos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



Mapa de Inventario de Peligros Geológicos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

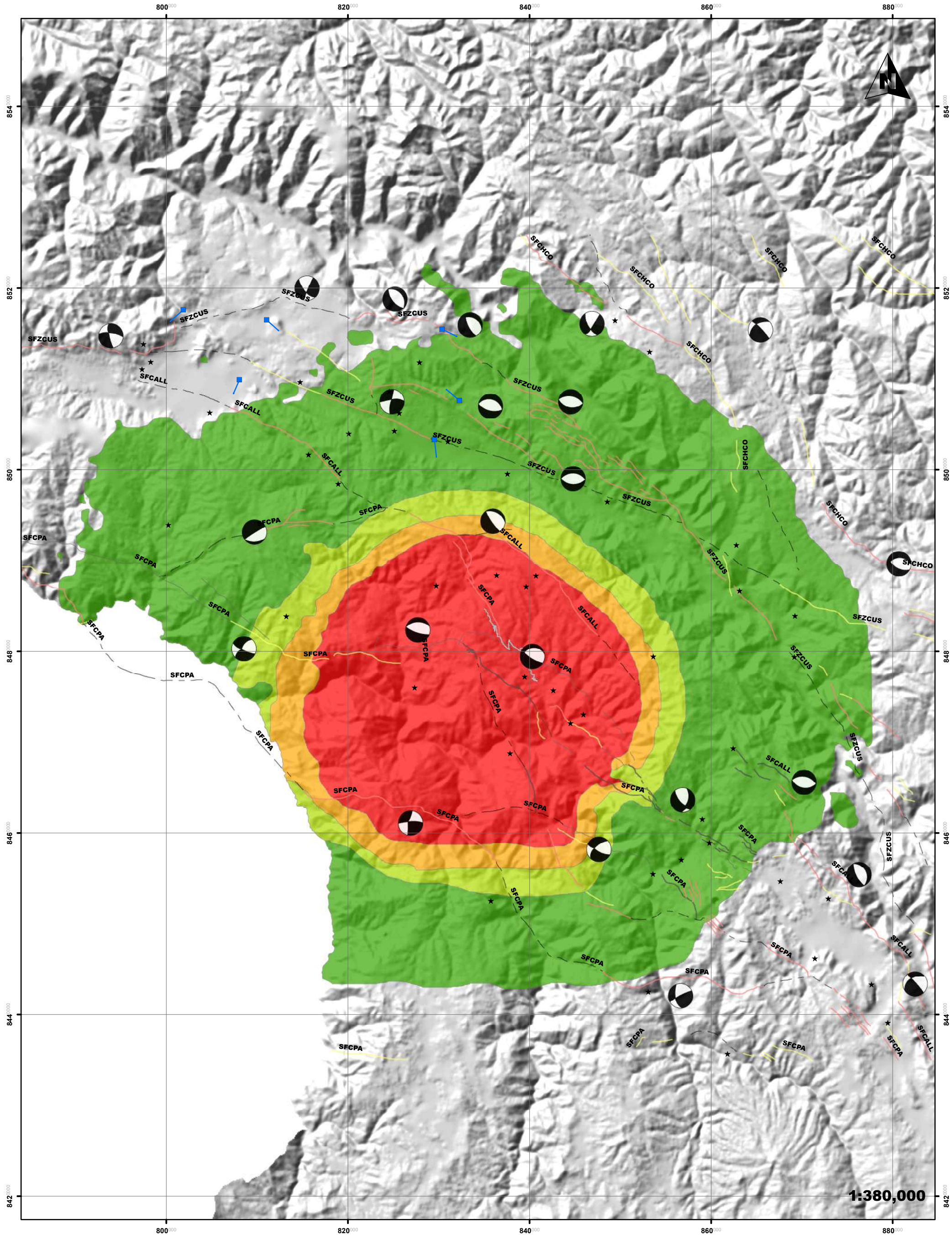




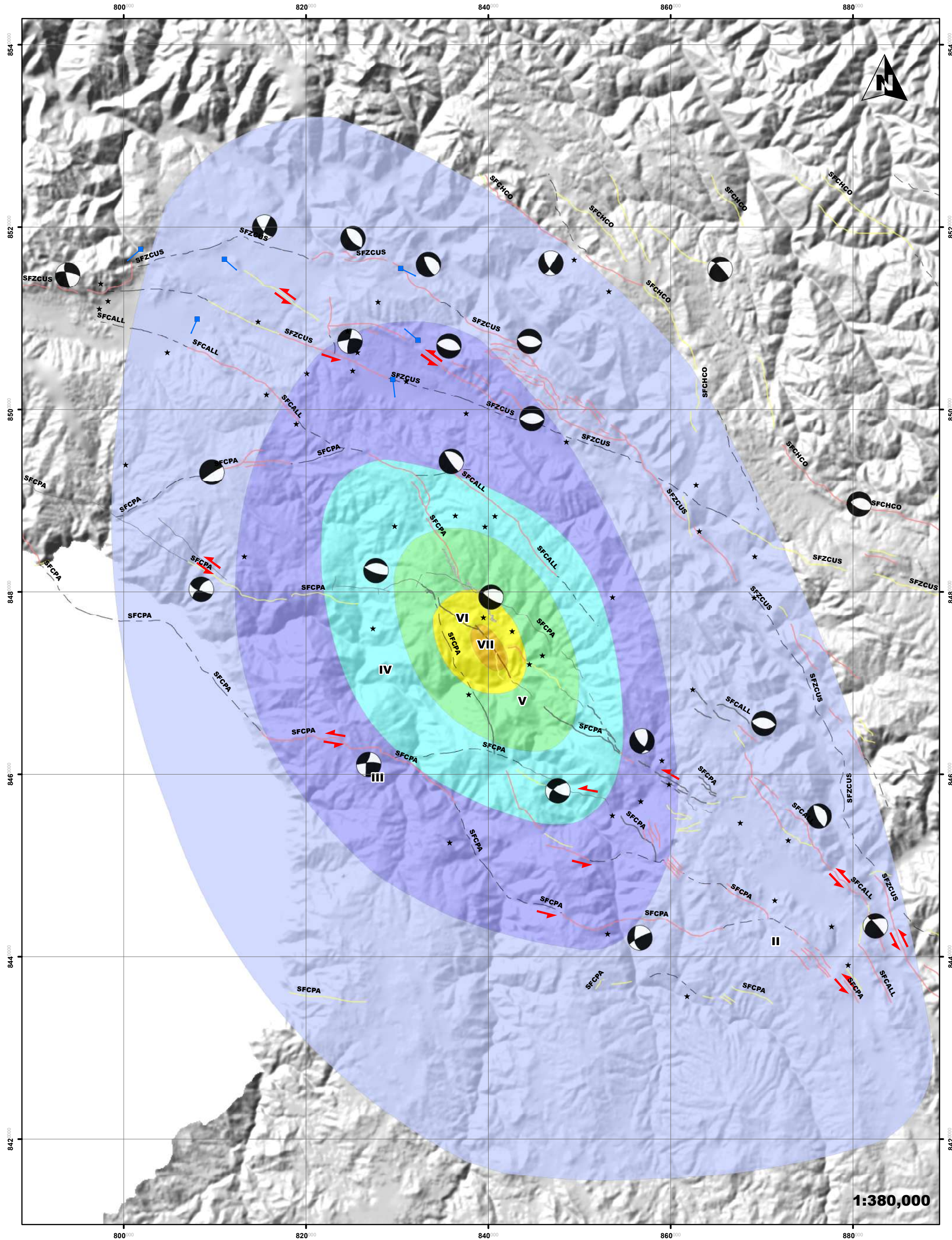




Mapa de Aceleración Sísmica en términos PGA expresados en g, para la falla Paruro



Mapa de Isosistas del Sismo 28 de Septiembre del 2014, Falla Misca



Fuente: Instituto geofísico del Perú (IGP)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tests:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAIRISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE INTENSIDADES SÍSMICAS Y ACCELERACIONES SÍSMICAS"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: Indicada

SIMBOLOGÍA

- Estación Geodésica
- Sismos (IGP-USGS)
- Vectores de Desplazamiento
- Dirección de Fallas Cuaternarias
- Diedros Rectos

- Falla Cuaternaria Probable
- Histórica
- Normal Cuaternaria
- Normal Holocena
- Pre-Cuaternaria
- Ruptura Superficial co-sísmica

- SFCALL Sistema de Fallas Casacunca-Acomayo-Langui-Layo
- SFCPA Sistema de Fallas Chinchajupio-Paruro-Acomayo
- SFZCUS Sistema de Fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuan

LEYENDA

- Rangos de Aceleración (g)
- 0.1 - 0.21 Baja
- 0.21 - 0.25 Media
- 0.25 - 0.29 Alta
- > 0.29 Muy Alta

- Escala Sísmológica de Mercalli
- III Débil Acel. 0.5 y 2.5 Gal.
- IV Leve Acel. 2.5 y 6.0 Gal.
- V Moderado Acel. 6.0 y 10 Gal.
- VI Poco Fuerte Acel. 10 y 20 Gal.
- VII Fuerte Acel. 20 y 35 Gal.
- VIII Muy Fuerte Acel. 35 y 60 Gal.

ASESOR:

Mg. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

Br. Richard Mijael Chacon Tito  
Br. Santos Edwin Arias Villacorta

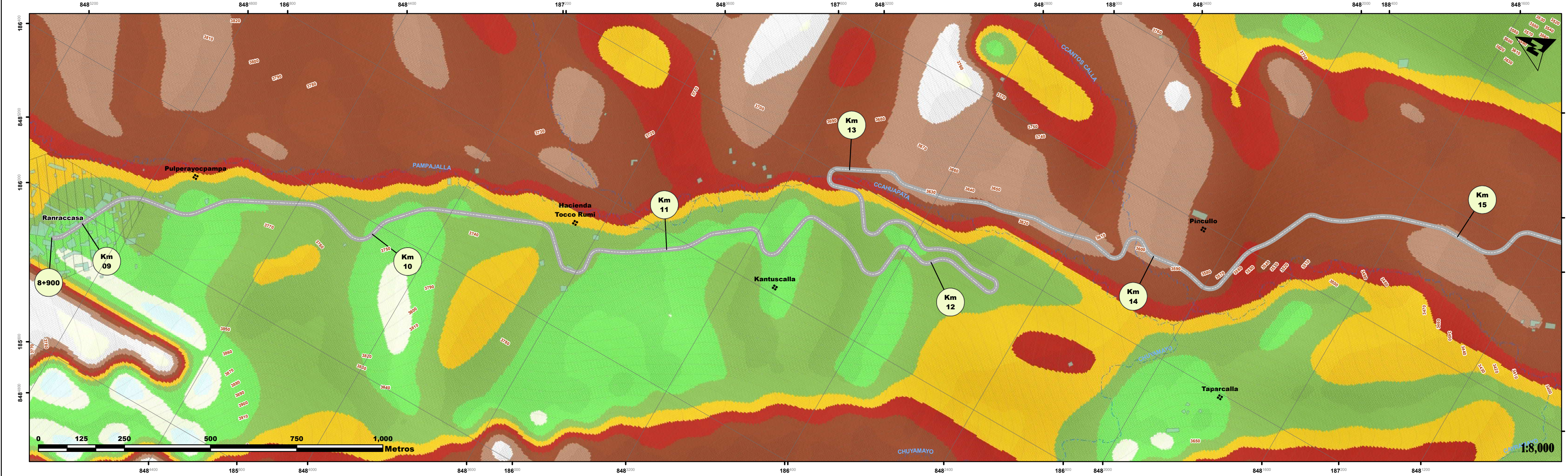
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

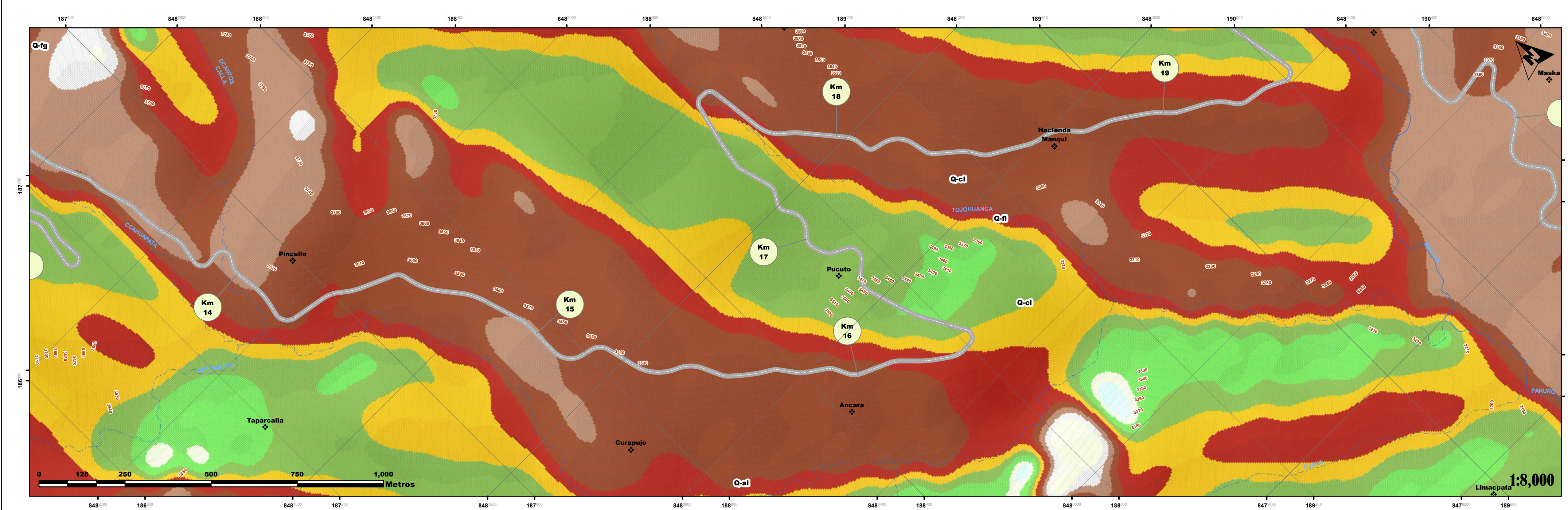
M-24



Mapa de Orientación de Laderas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

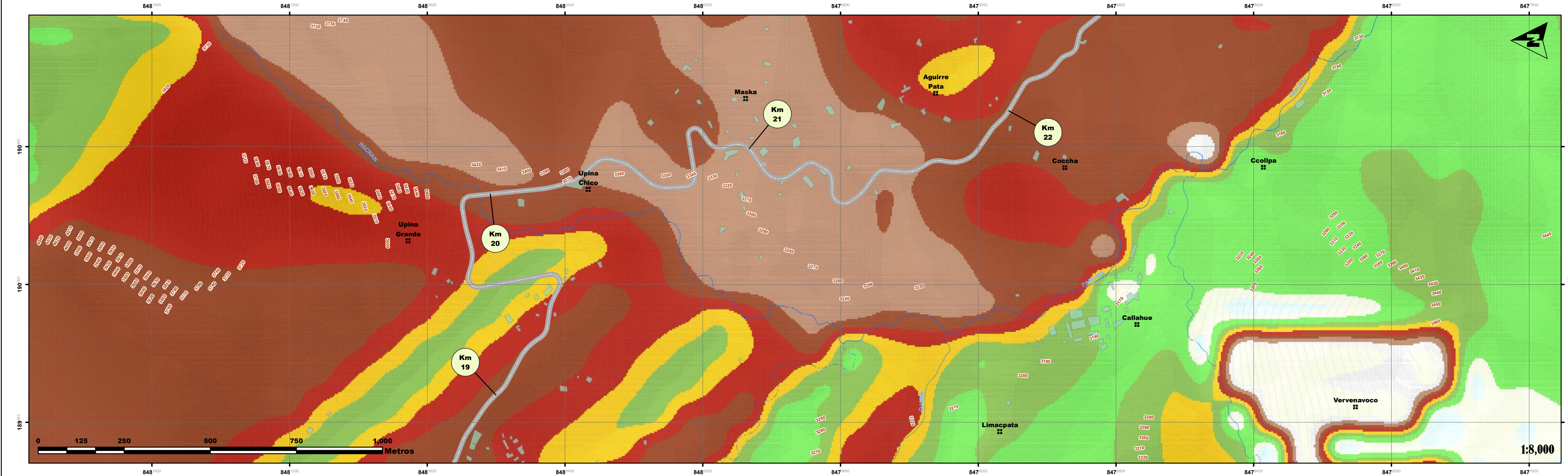


Mapa de Orientación de Laderas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

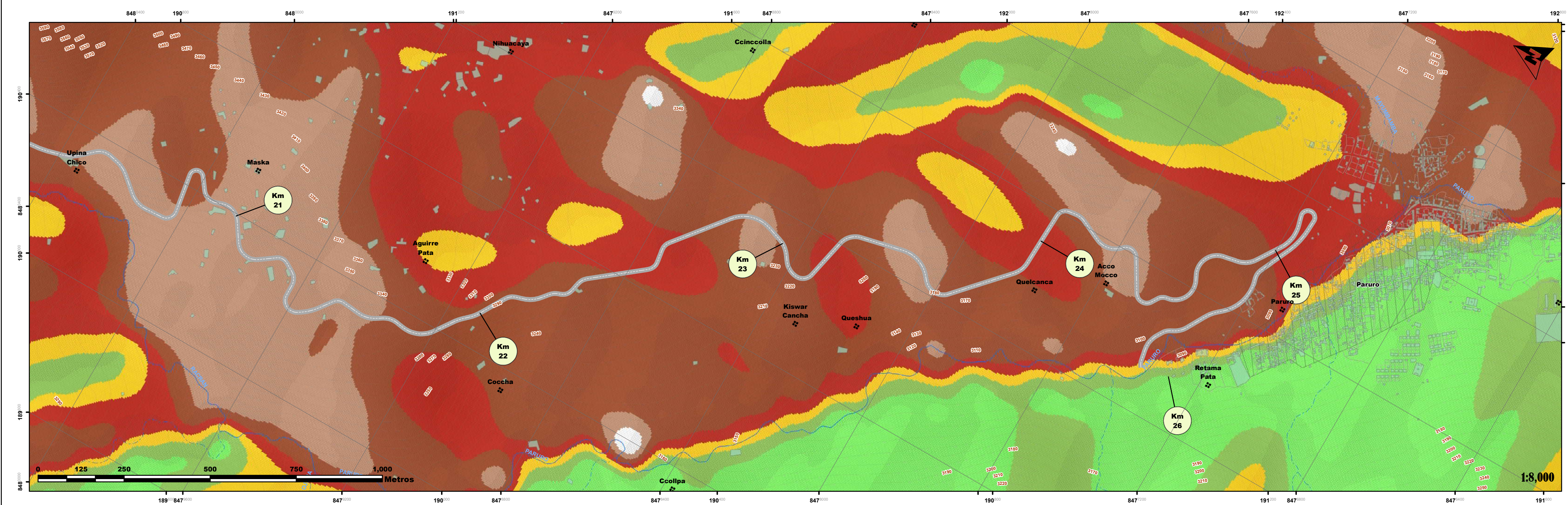




Mapa de Orientación de Laderas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

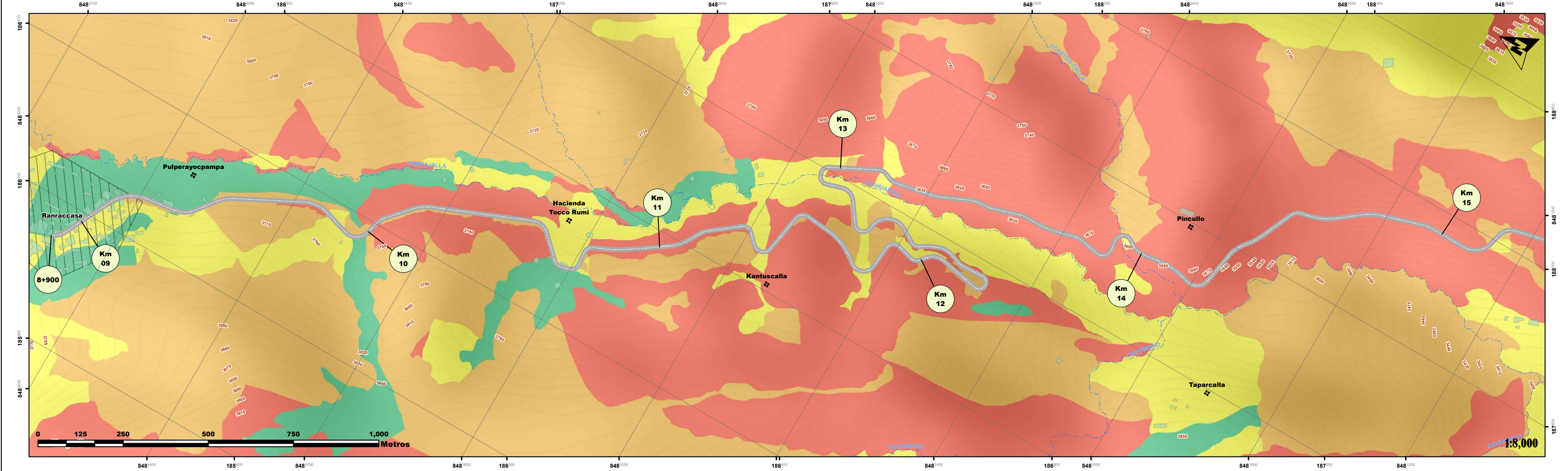


Mapa de Orientación de Laderas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

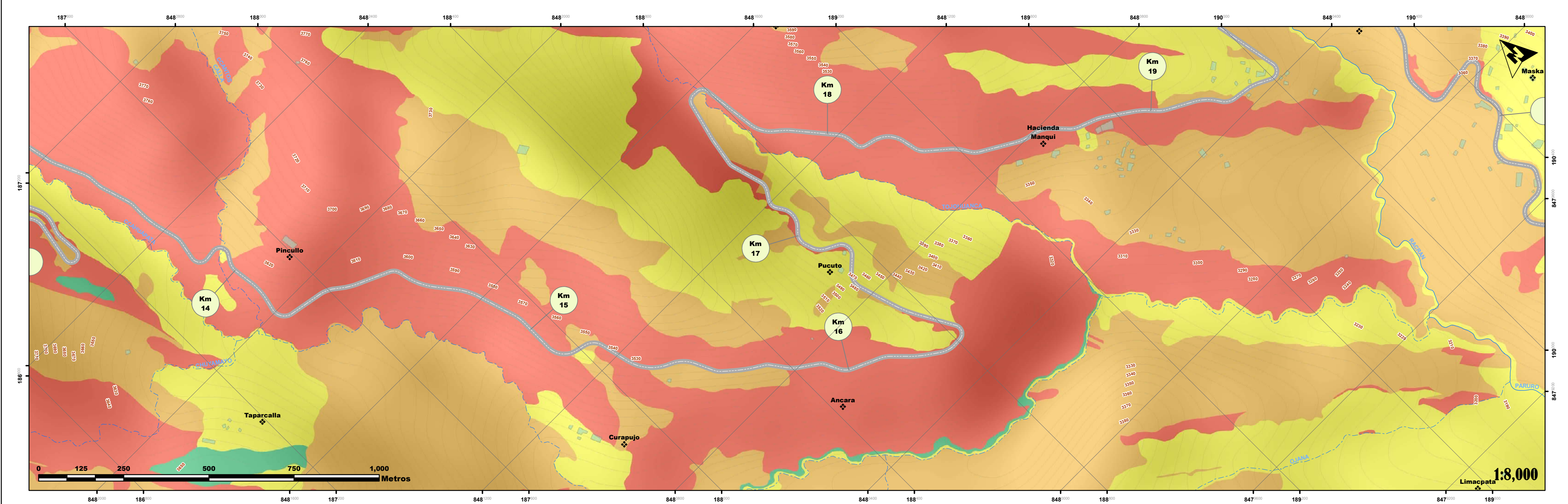




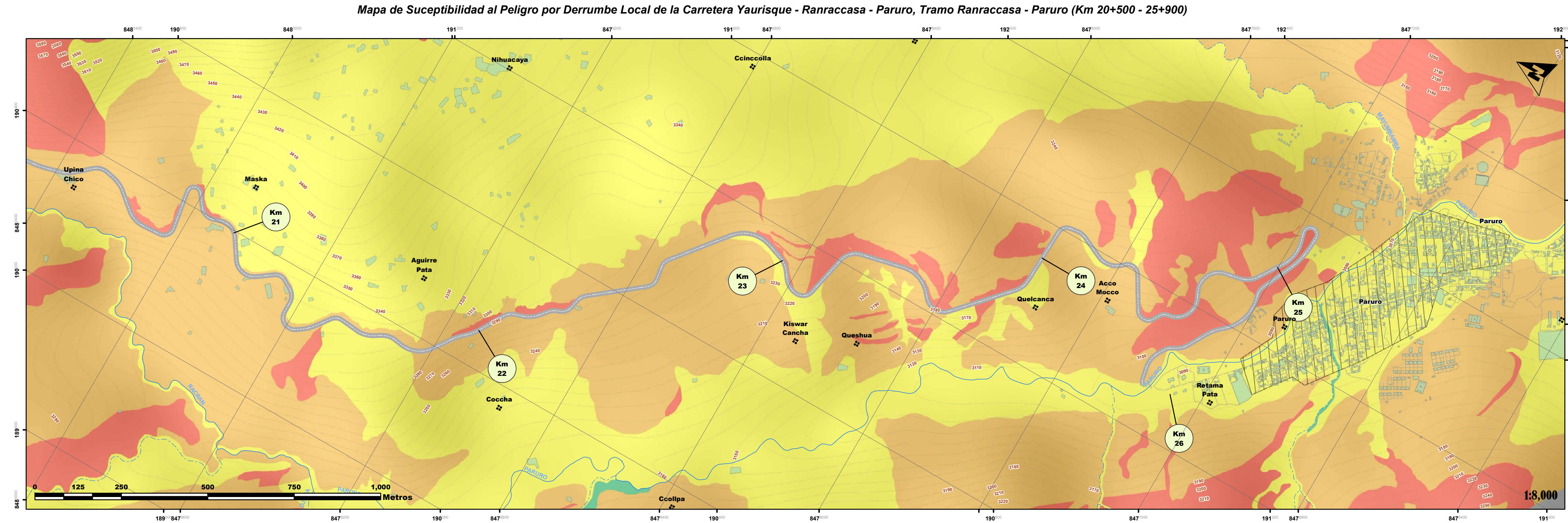
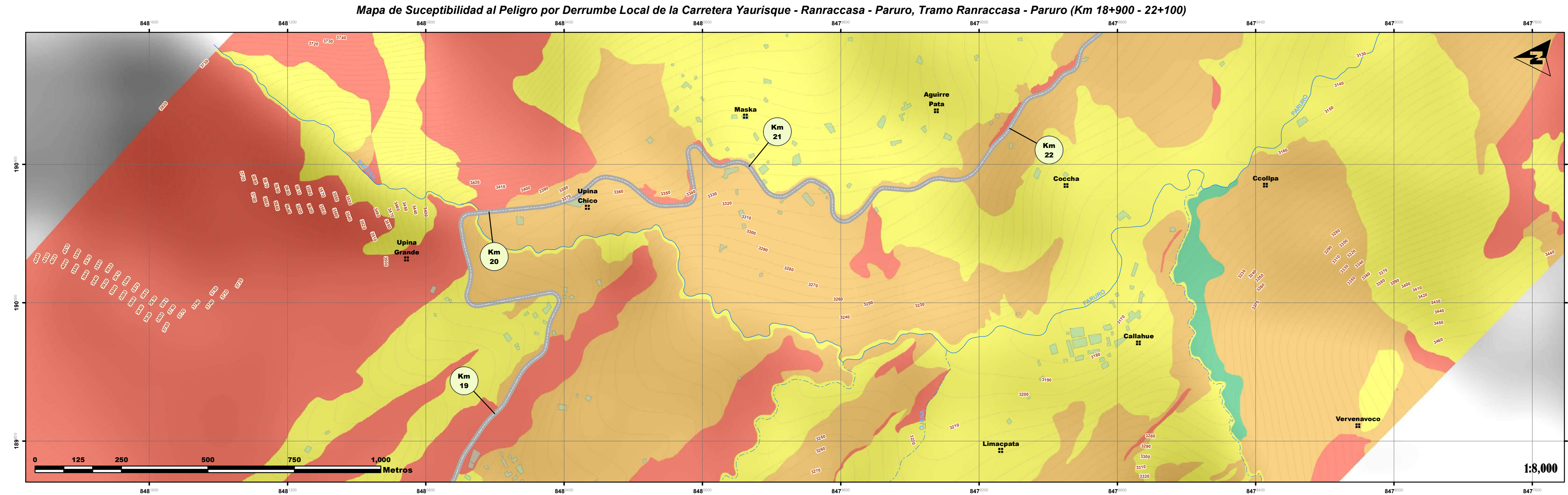
Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Derrumbe Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Derrumbe Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)








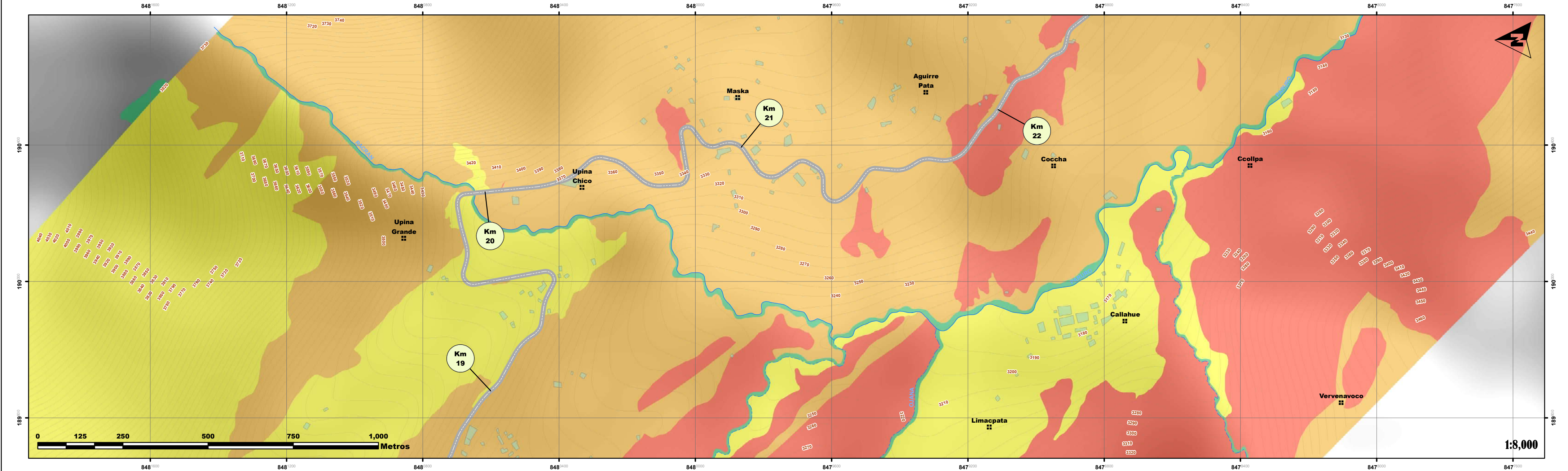


[illegible]

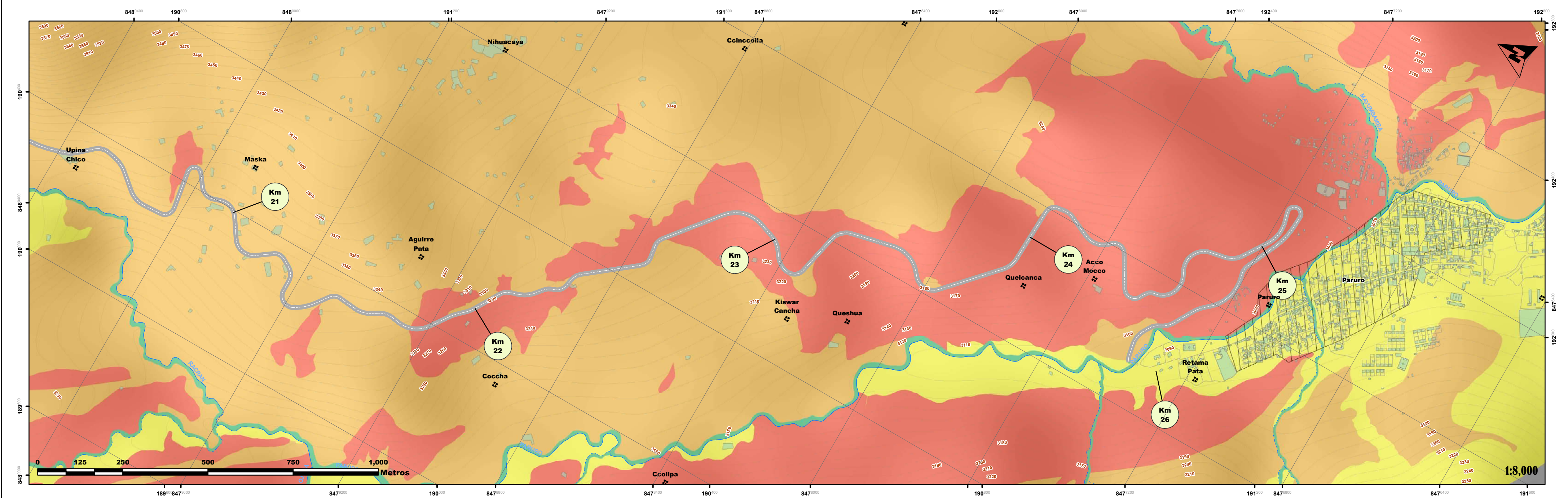
 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p><b>Testis:</b></p> <p><b>"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAIRISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"</b></p>	<p><b>UBICACIÓN</b></p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Paruro</p> <p>DISTRITO: Yaurisque-Paruro</p> <p>ESCALA: 1:8000</p>	<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <p>Localidades</p> <p>Centro Poblado</p> <p>Cerros</p> <p>Quebrada</p> <p>Via en Estudio</p> <p>Río</p> <p>Kilómetros de la Via</p> <p>Curvas de Nivel</p>	<p><b>LEYENDA</b></p> <p><b>BAJO</b> 0.0418 ≤ R &lt; 0.0814</p> <p><b>ME-DI</b> 0.0814 ≤ R &lt; 0.1473</p> <p><b>ALTO</b> 0.1473 ≤ R &lt; 0.2410</p> <p><b>MUY ALTO</b> 0.2410 ≤ R &lt; 0.4585</p> <p>Zona con presencia de depósitos autóctonos y depósitos fluviales. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, conos monoclinales, conos colinosos y terrazas autóctonas. Hidrologicamente es una zona con acuíferos fríos. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, conos monoclinales, conos colinosos y terrazas autóctonas. Hidrologicamente es una zona con acuíferos fríos. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, conos monoclinales, conos colinosos y terrazas autóctonas. Hidrologicamente es una zona con acuíferos fríos.</p>	<p><b>ASESOR:</b></p> <p><b>Mgt. José Carlos Ramírez Prada</b></p> <p><b>ELABORADO POR:</b></p> <p><b>- Br. Richard Mijael Chacon Tito</b>  <b>- Br. Santos Edwin Arias Villacorta</b></p> <p><b>FECHA:</b> Septiembre-Diciembre del 2019</p>	<p><b>Mapa N°</b></p> <p><b>M-2</b></p>
---	--	---	---	--	---	---



Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Deslizamiento Rotacional Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)



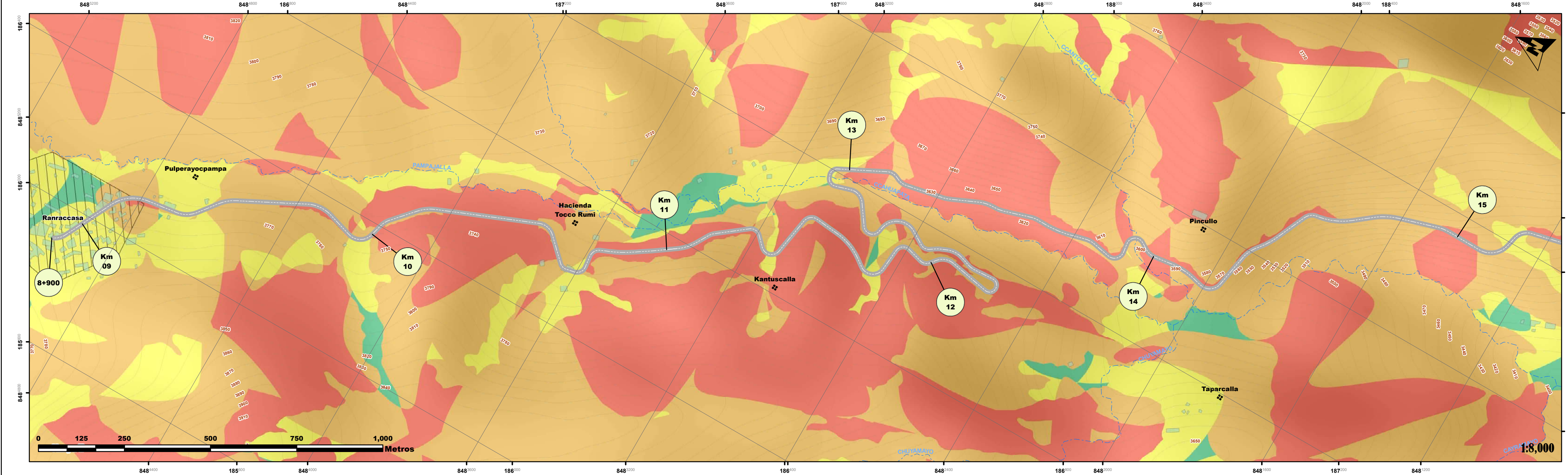
Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Deslizamiento Rotacional Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)



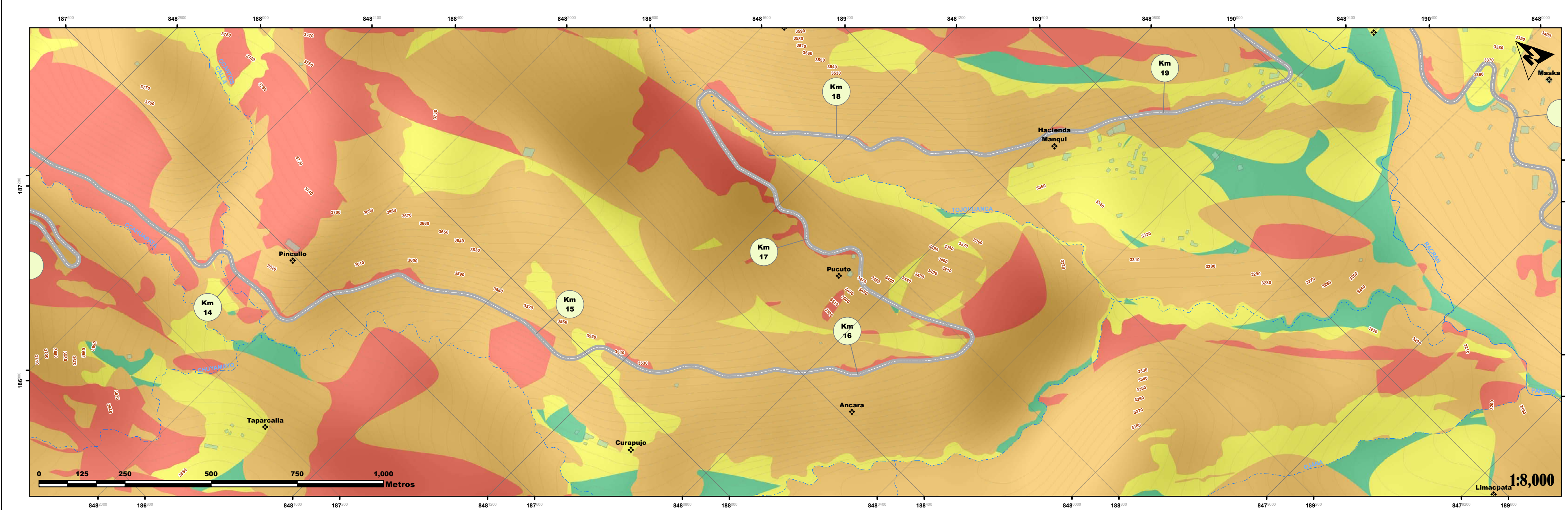
Fuente: Propia (2019)



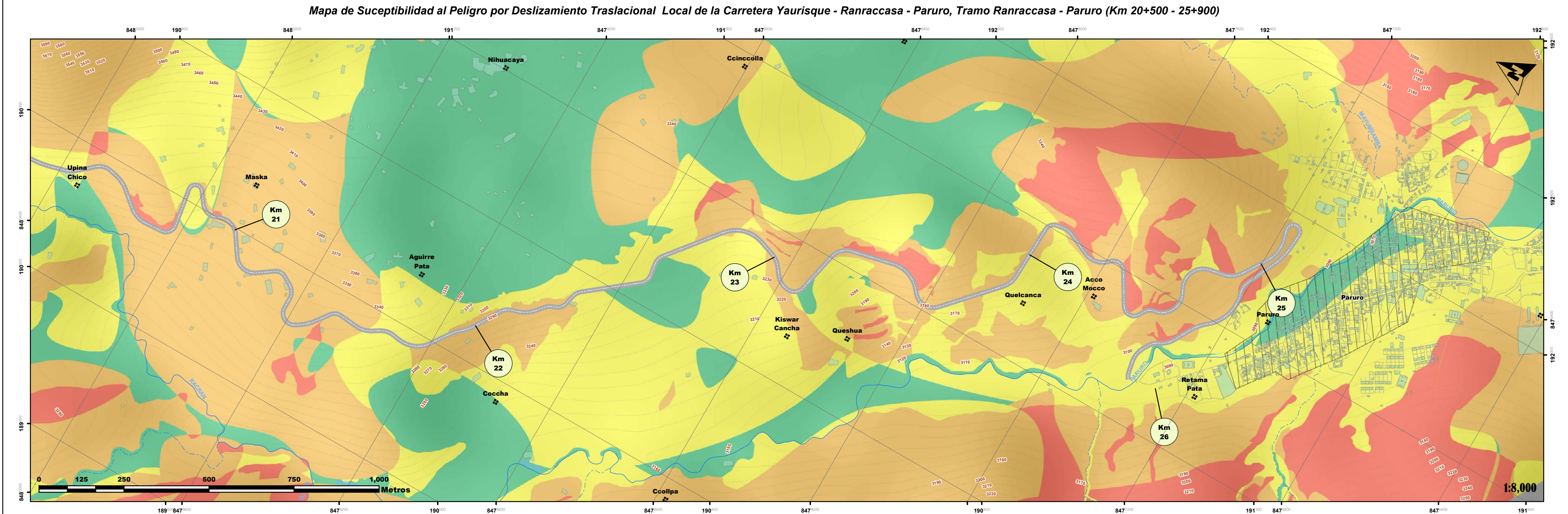
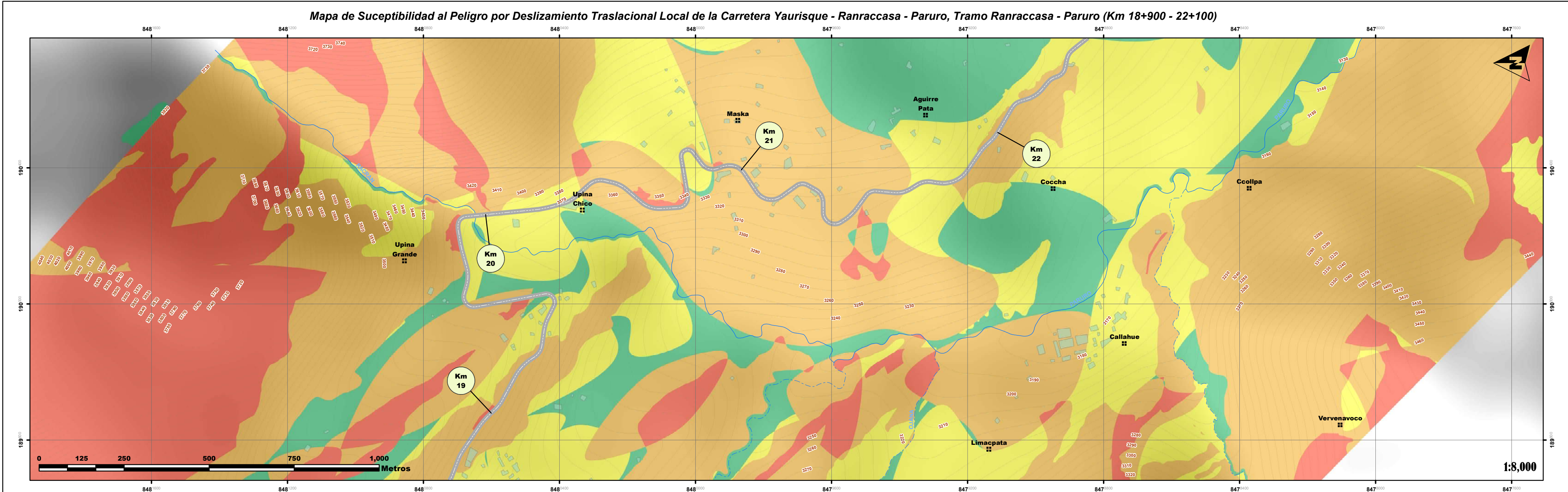
Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Deslizamiento Traslacional Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



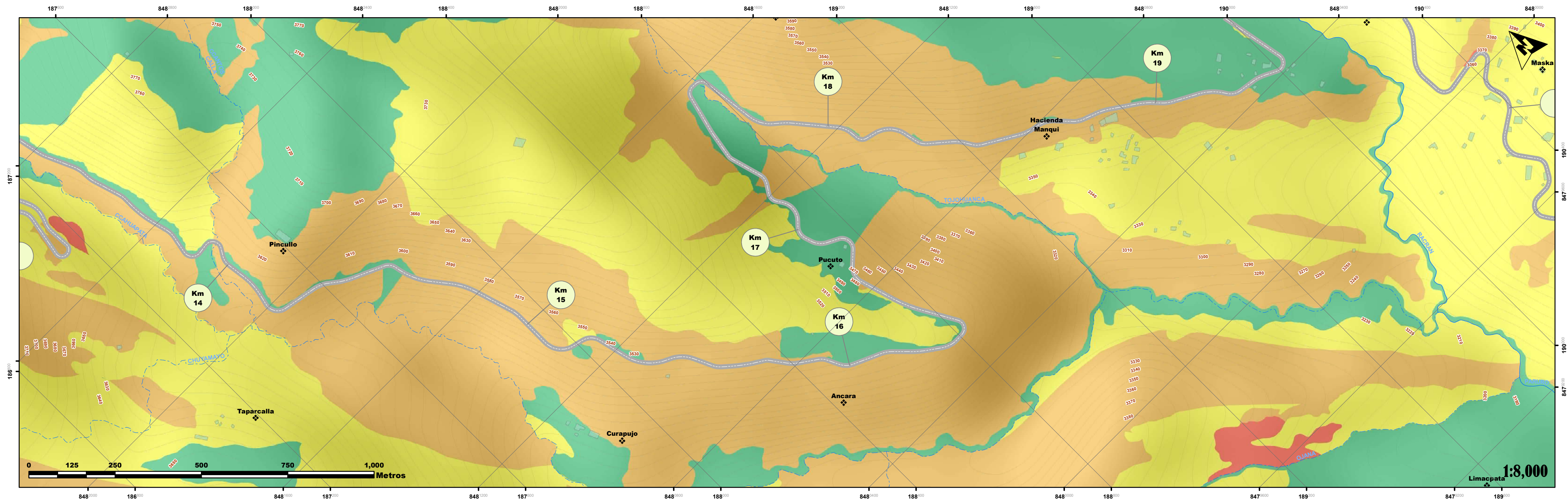
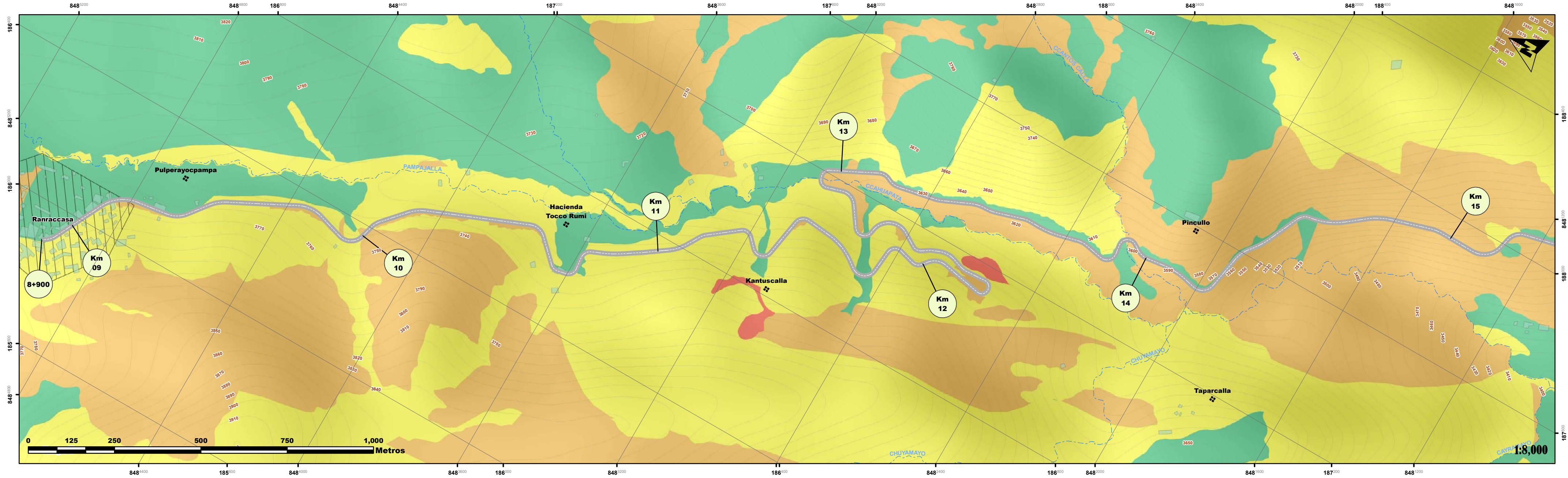
Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Deslizamiento Traslacional Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)





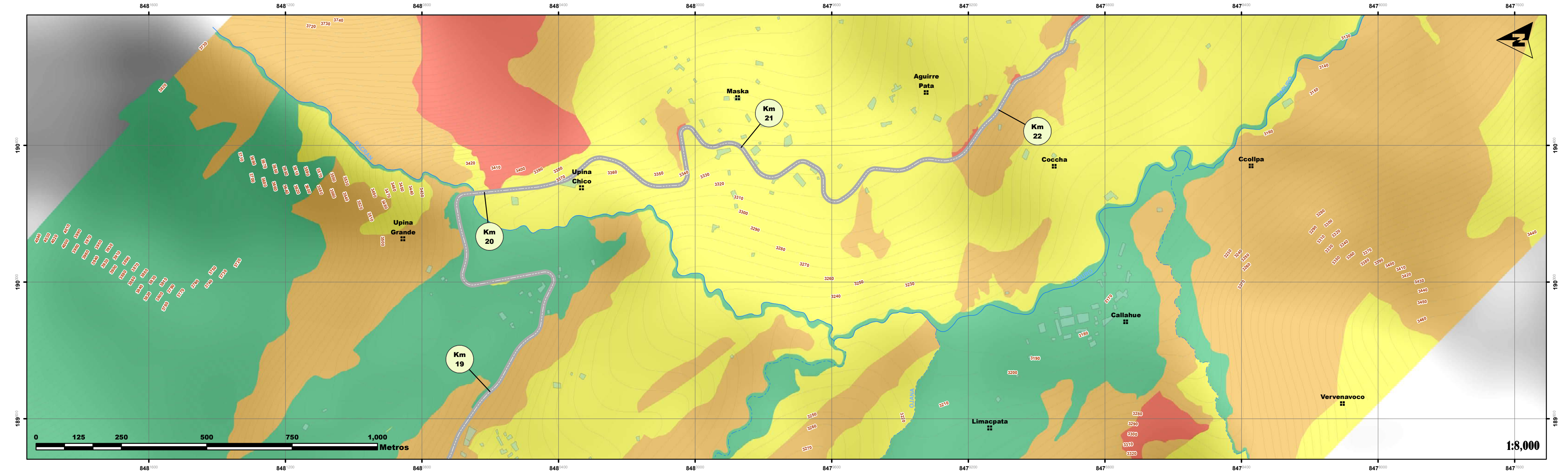




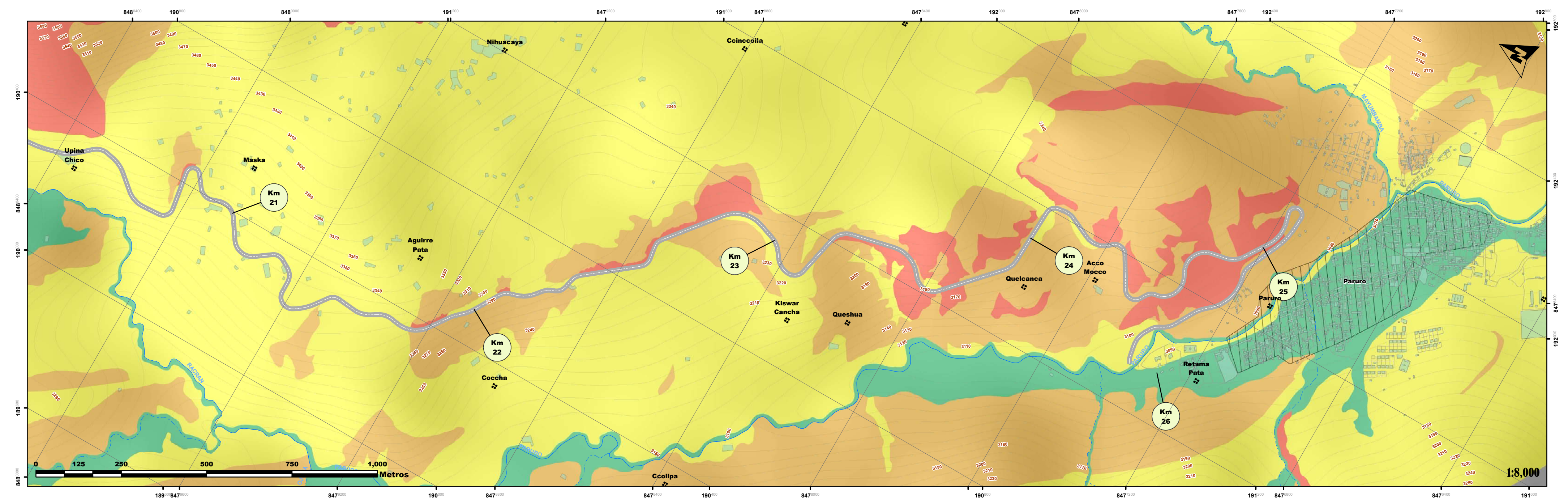




Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Detritos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

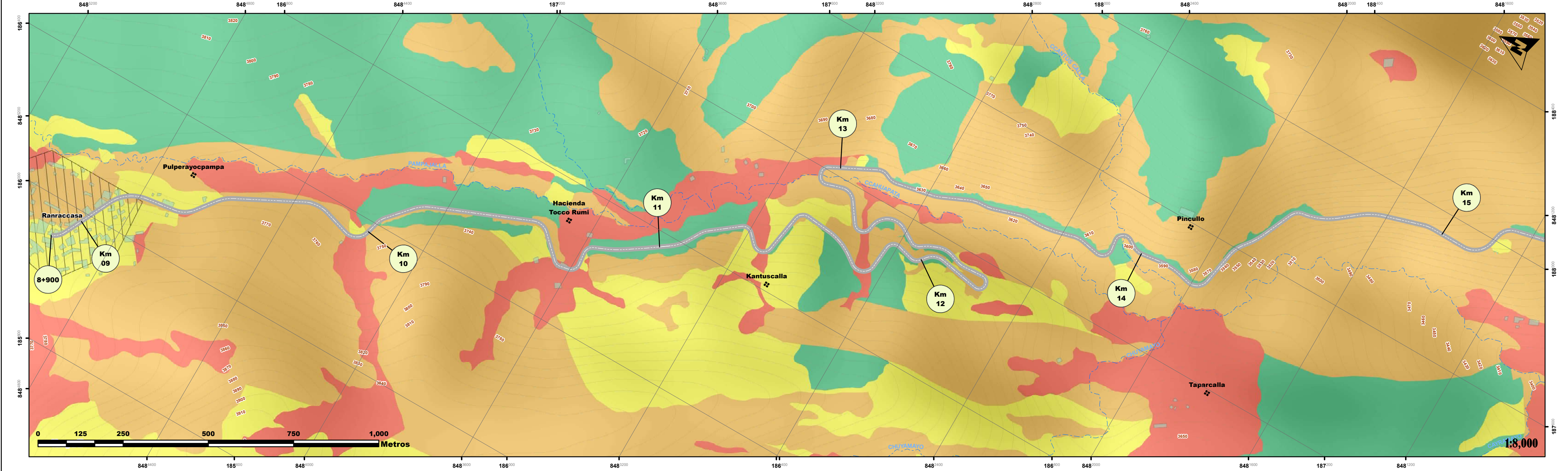


Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Detritos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

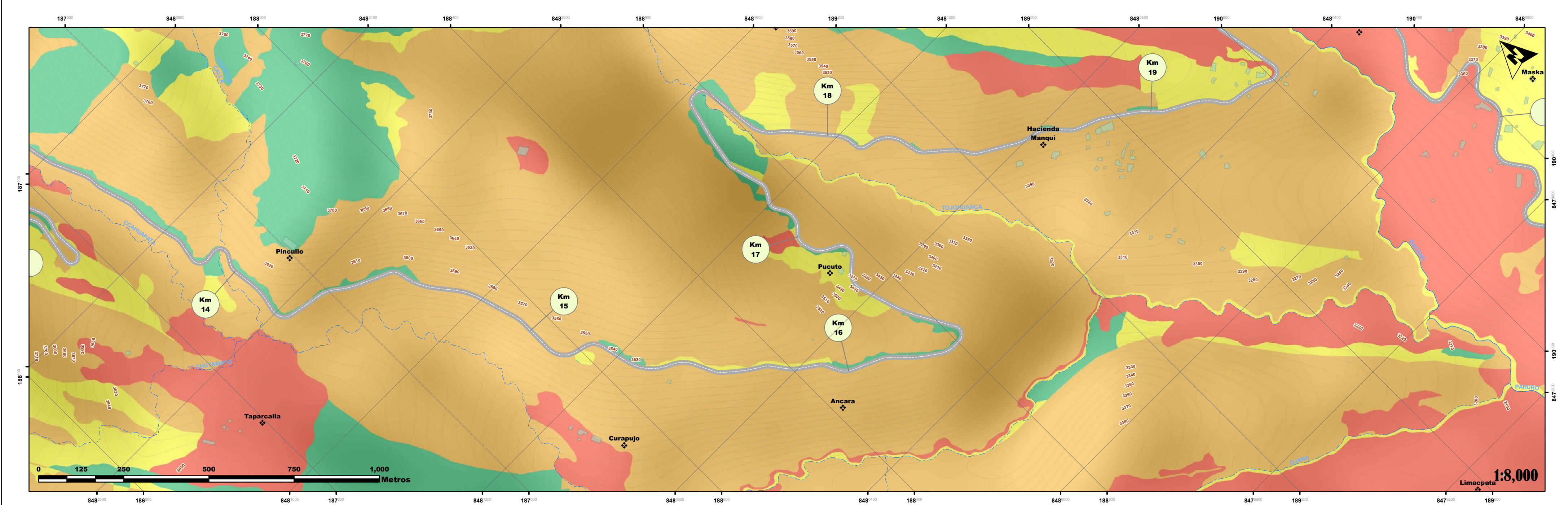




Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Lodos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

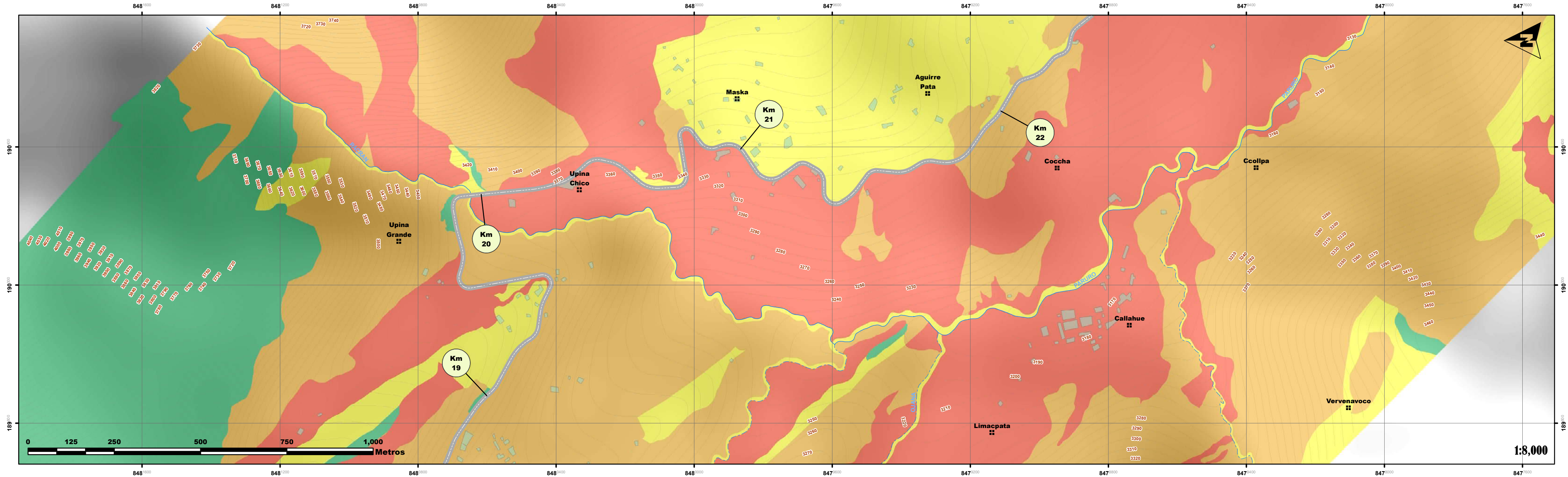


Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Lodos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

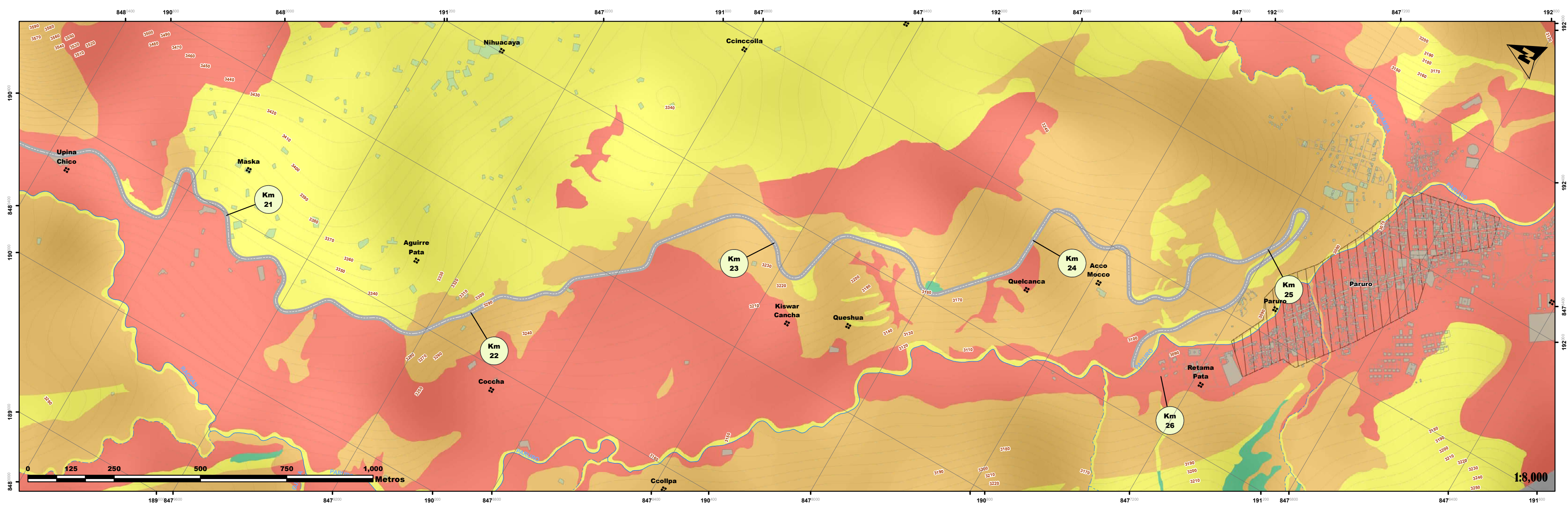




Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Lodos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)



Mapa de Suceptibilidad al Peligro por Flujo de Lodos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)



Fuente: Propia (2019)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tesis:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE SUCEPTIBILIDAD AL PELIGRO POR FLUJO DE LODOS LOCAL II"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: 1:8000

SIMBOLOGÍA

- Localidades
- Centro Poblado
- Cerros
- Quebrada
- Via en Estudio
- Rio
- Kilometros de la Via
- Curvas de Nivel

LEYENDA

- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- MUY ALTO

Zona que presenta intercalación de areniscas con lutitas de la formación soncco y areniscas fluviales con conglomerados de la formación paruro. Presenta pendientes mayores a 75%. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle aluvial, cimas montañosas, cimas colinosas y terrazas antropicas. Hidrogeológicamente es mas susceptible en acuíferos fluviales y acuíferos antropicos. Bosques maticos. Zona que presenta linitas, limolitas, conglomerados de la formación paruro, depósitos antropicos y depósitos fluviales. Presenta pendientes entre 15% y 75%. Con respecto a su geomorfología presenta colinas altas fuertemente disectada, colinas altas moderadamente disectada, colinas bajas fuertemente disectadas, colinas bajas moderadamente disectada, vertientes de montaña alta allanada y empinadas. Zona que presenta depósitos fluvioaluviales, depósitos coluviales y depósitos proluviales. Presenta pendientes entre 4% y 15%. Con respecto a su geomorfología presenta terrazas aluviales, terrazas fluviales bajas, terrazas fluviales medias, terrazas fluviales altas, vertientes de montaña baja fuertemente empinada y vertientes de montaña baja escarpada. Hidrogeológicamente es mas susceptible en acuíferos soncco I. Zona que presenta depósitos aluviales, depósitos deluviales y depósitos hogénicos. Presenta pendientes entre 0% y 4%. Con respecto a su geomorfología presenta fondos de valle boreal, fondos de valle glaciar y altiplanicies allanadas. Hidrogeológicamente es mas susceptible en acuíferos paruro I y acuíferos coluviales. Con respecto a la cobertura vegetal se presenta en áreas demandadas y pastizales.

ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito

- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

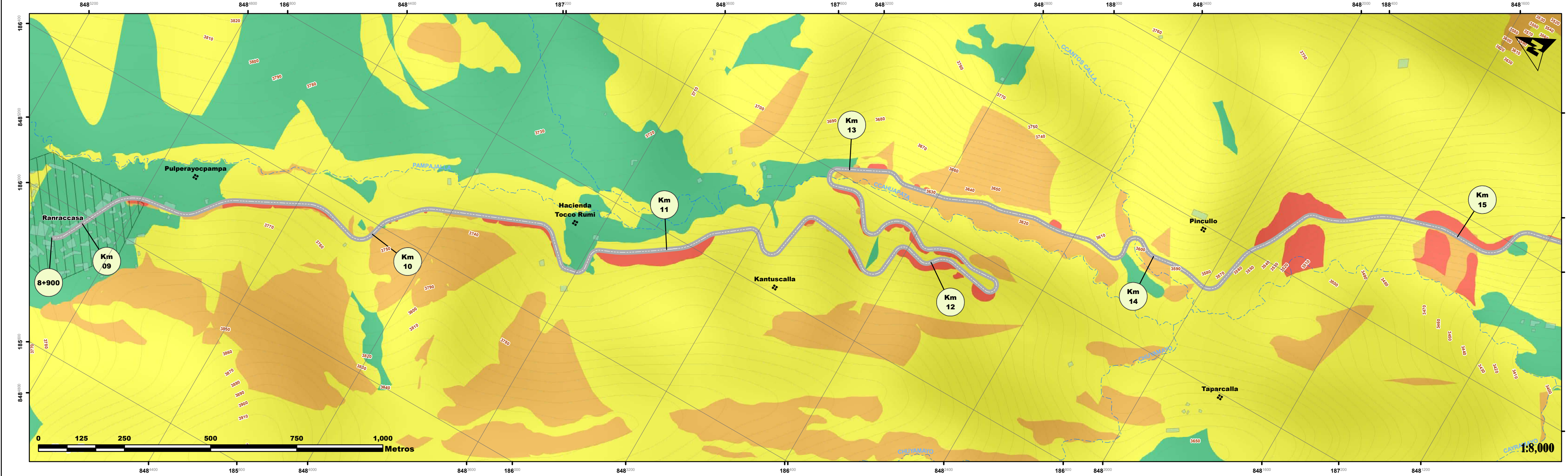
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

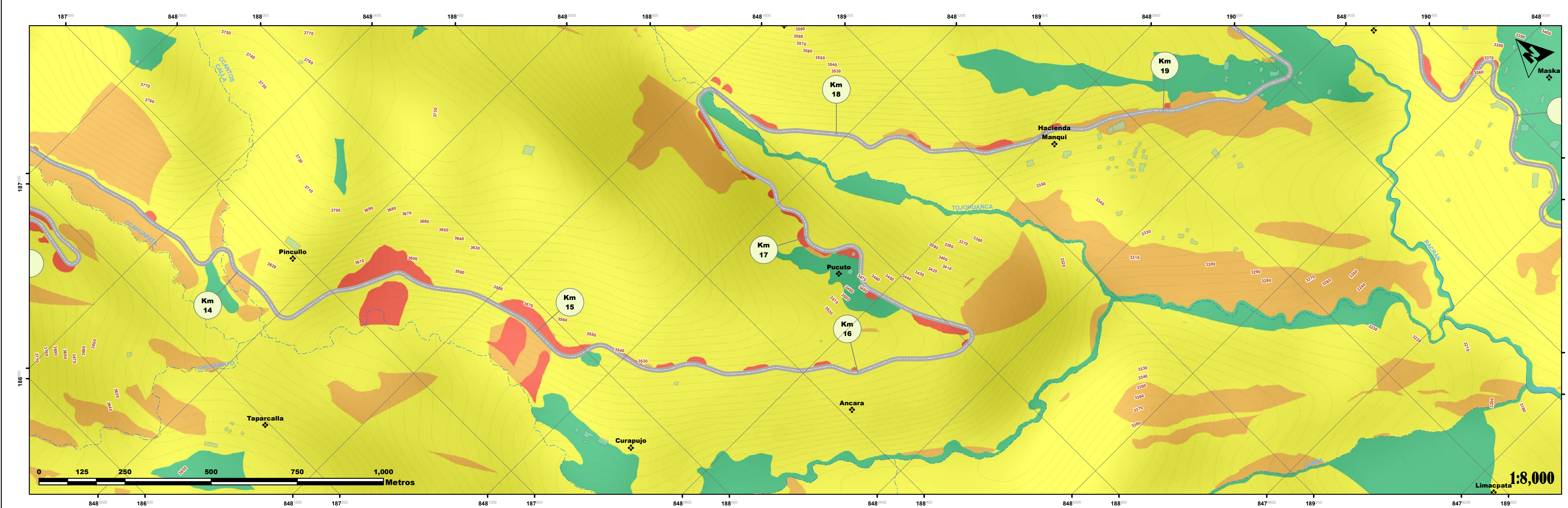
M-36



Mapa de Peligrosidad por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

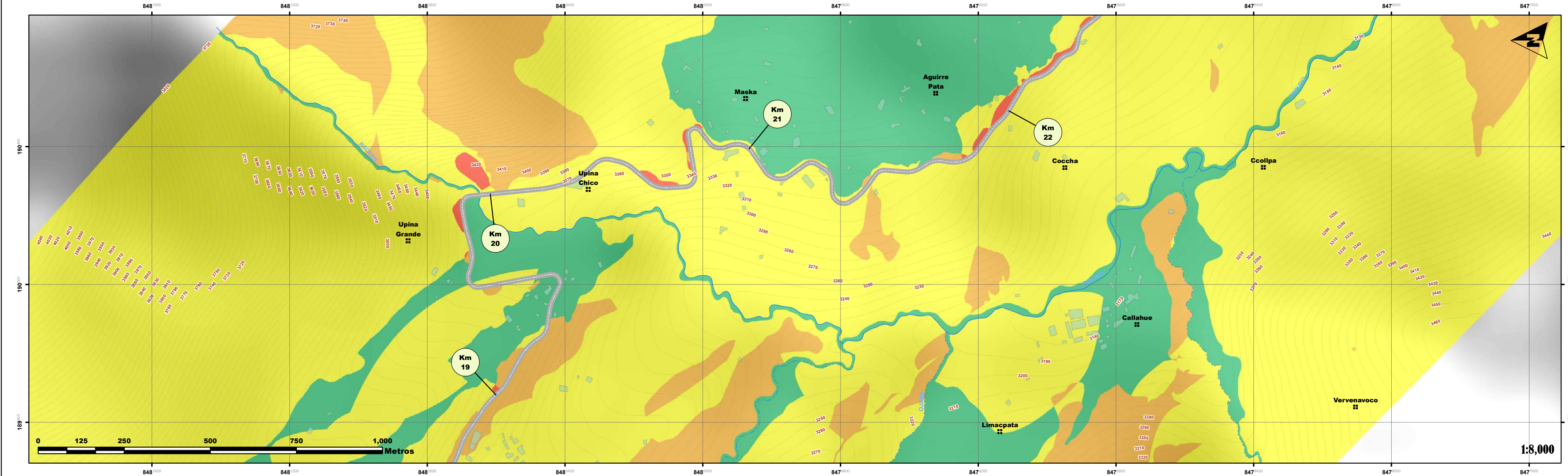


Mapa de Peligrosidad por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

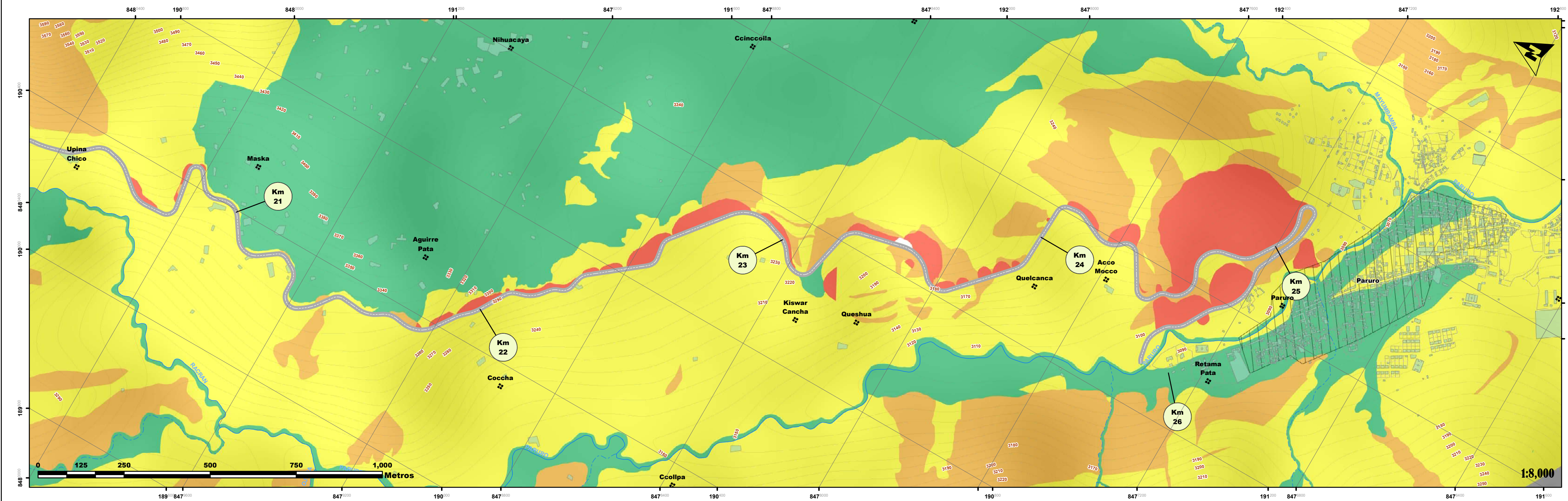




Mapa de Peligrosidad por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

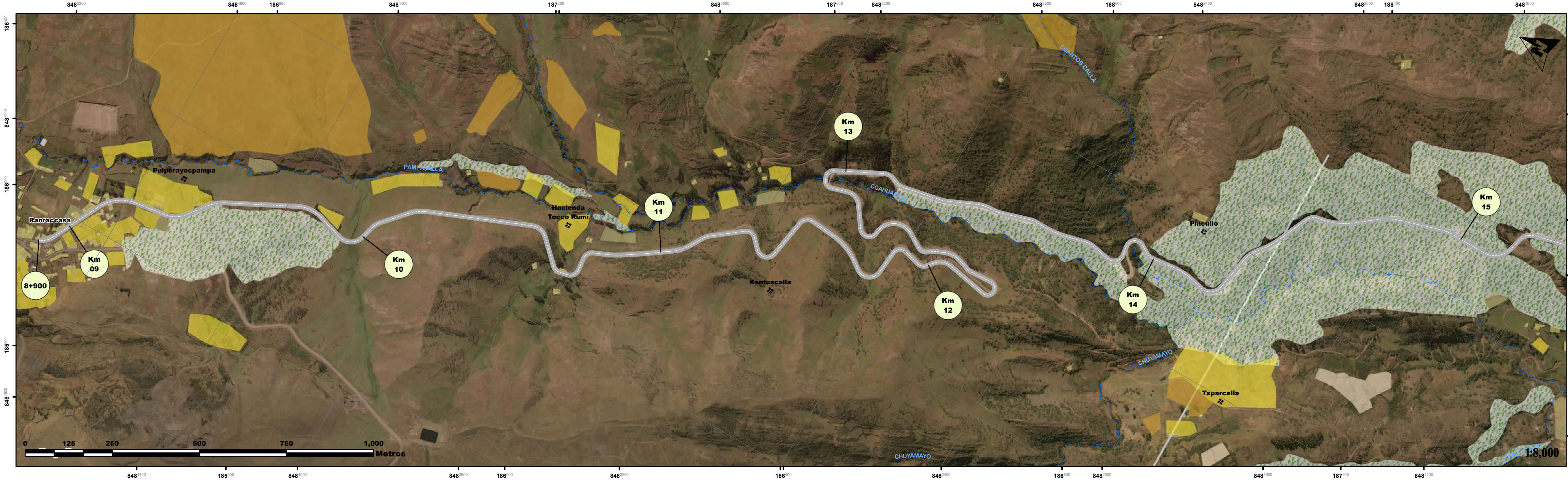


Mapa de Peligrosidad por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

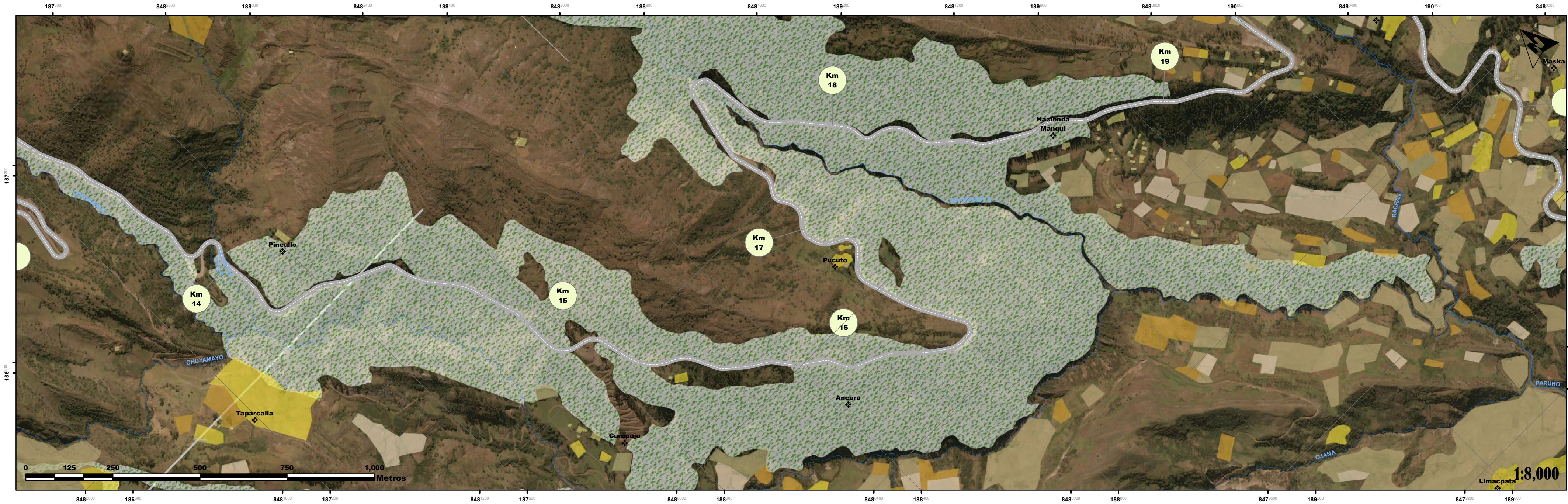




Mapa de Elementos Expuestos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)



Mapa de Elementos Expuestos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tests:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO DE LA CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACCASA - PARURO, TRAMO RANRACCASA - PARURO (KM 8+900 - 25+900), PARURO - CUSCO"

Mapa:

"MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS LOCAL I"

UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: Cusco

PROVINCIA: Paruro

DISTRITO: Yaurisque-Paruro

ESCALA: 1:8000

LEYENDA

Casas	Albergue Municipal	Casa 01 piso	Colegio de Mujeres
Cultivos de Hortalizas	Area Verde	Casa 02 pisos	Colegio de Varones N° 50343
Cultivos de Maiz	Area verde	Casa del Maestro	Escaleras
Cultivos de Papa	C.E.O.	Cementerio	Estadio
Cultivos de Quinua	Campanario	Centro Educativo Incacona	Grifo
Cultivos de cereales	Cancha Deportiva	Chancha deportiva Lados	Iglesia
Bosques	Cancha Múltiple	Colegio Hermanos Ayar	Local Municipal
			Mercado
			Ministerio Público
			Ministerio del Interior
			Municipalidad Provincial
			Plaza
			Policia Nacional
			Posta Médica
			Pozo
			Puente
			Reservorio
			Ruedo de Toros
			Salón Comunal
			USE

ASESOR:

Mgt. José Carlos Ramírez Prada

ELABORADO POR:

- Br. Richard Mijael Chacon Tito  
- Br. Santos Edwin Arias Villacorta

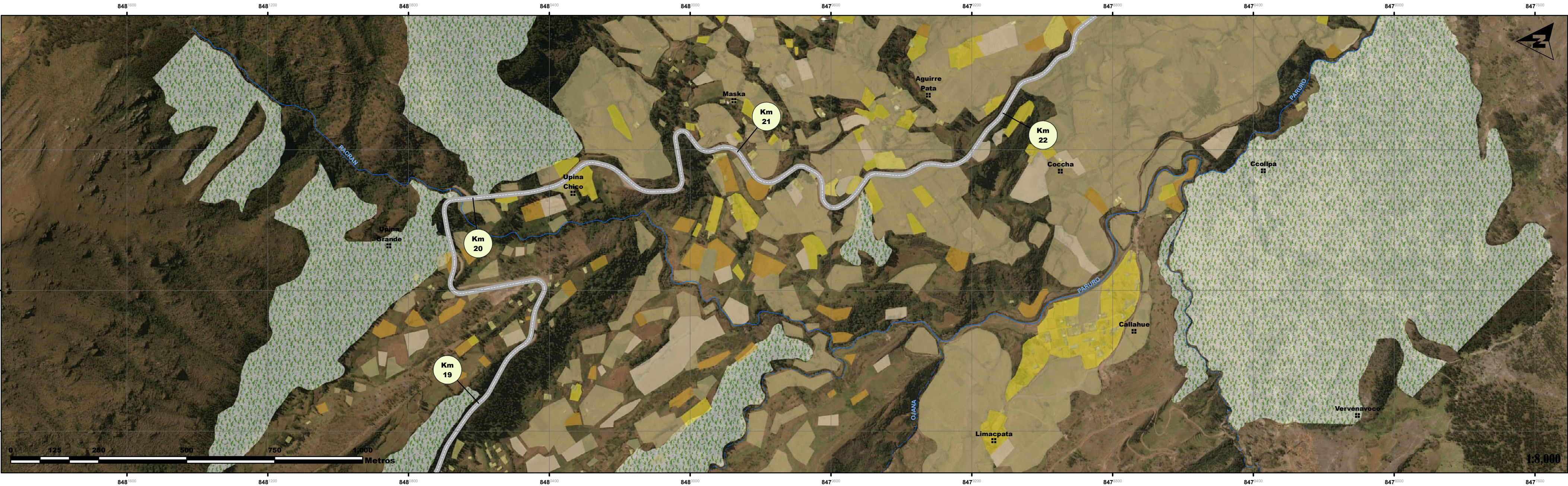
FECHA: Septiembre-Diciembre del 2019

Mapa N°

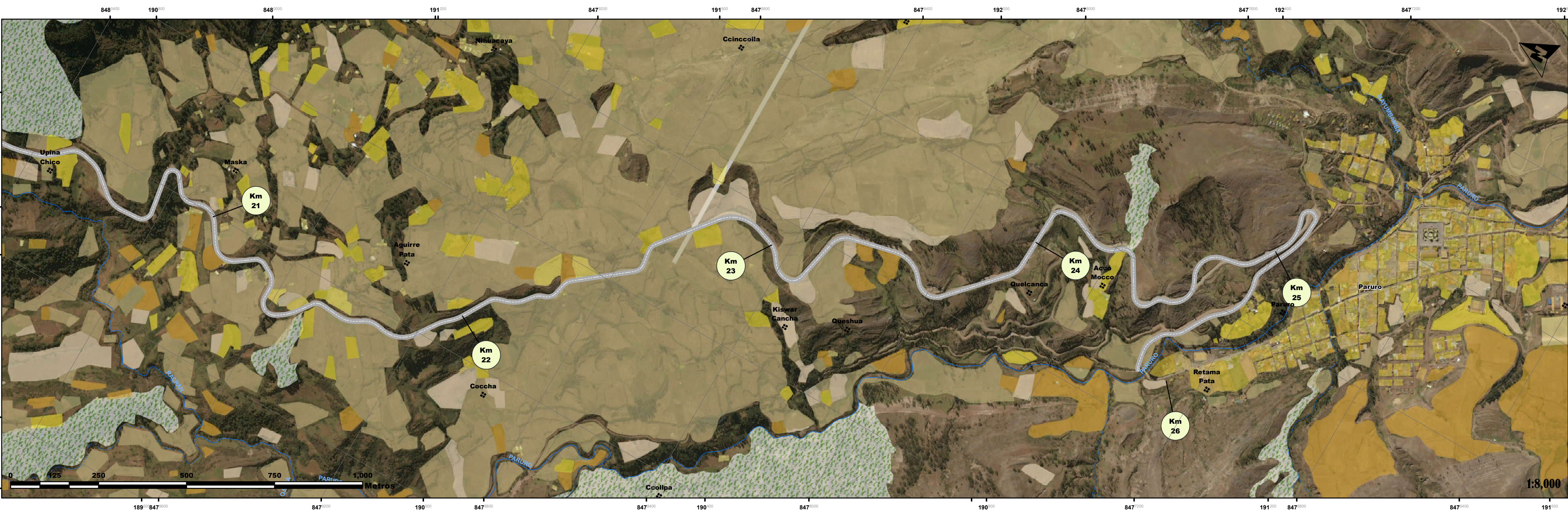
M-39



Mapa Elementos Expuestos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)

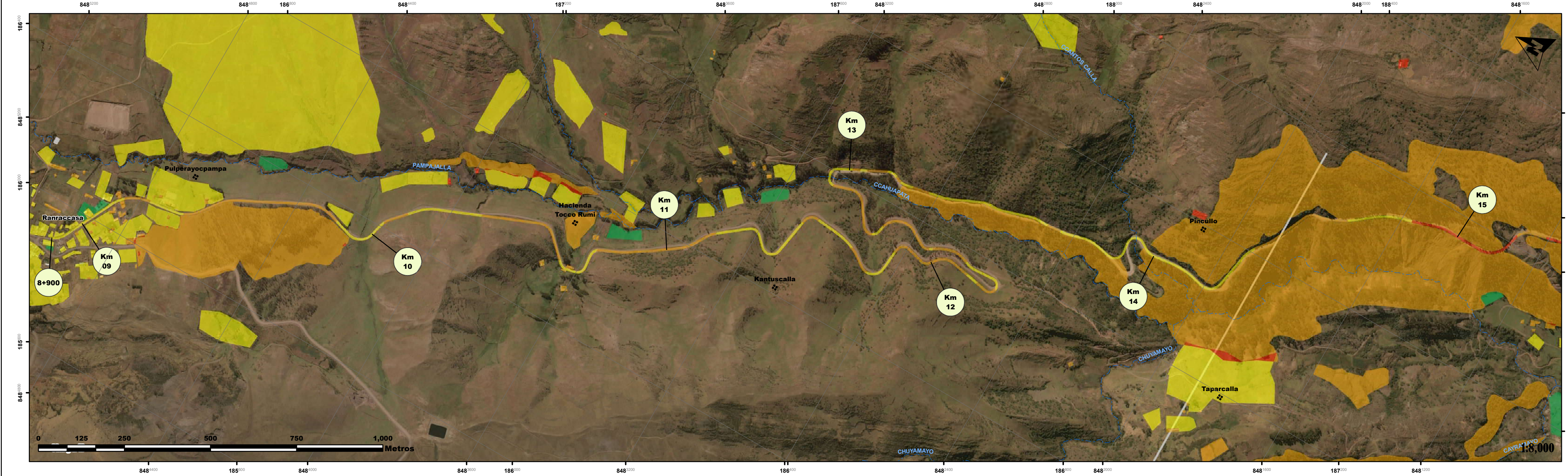


Mapa de Elementos Expuestos Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

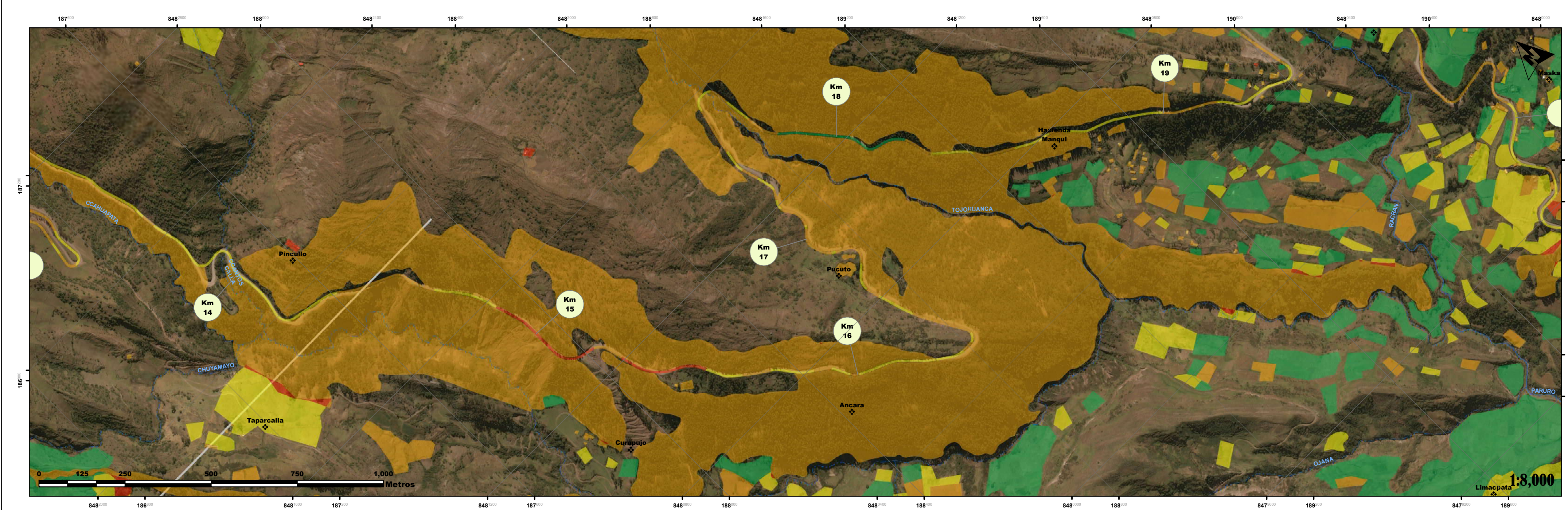




Mapa de Vulnerabilidad Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

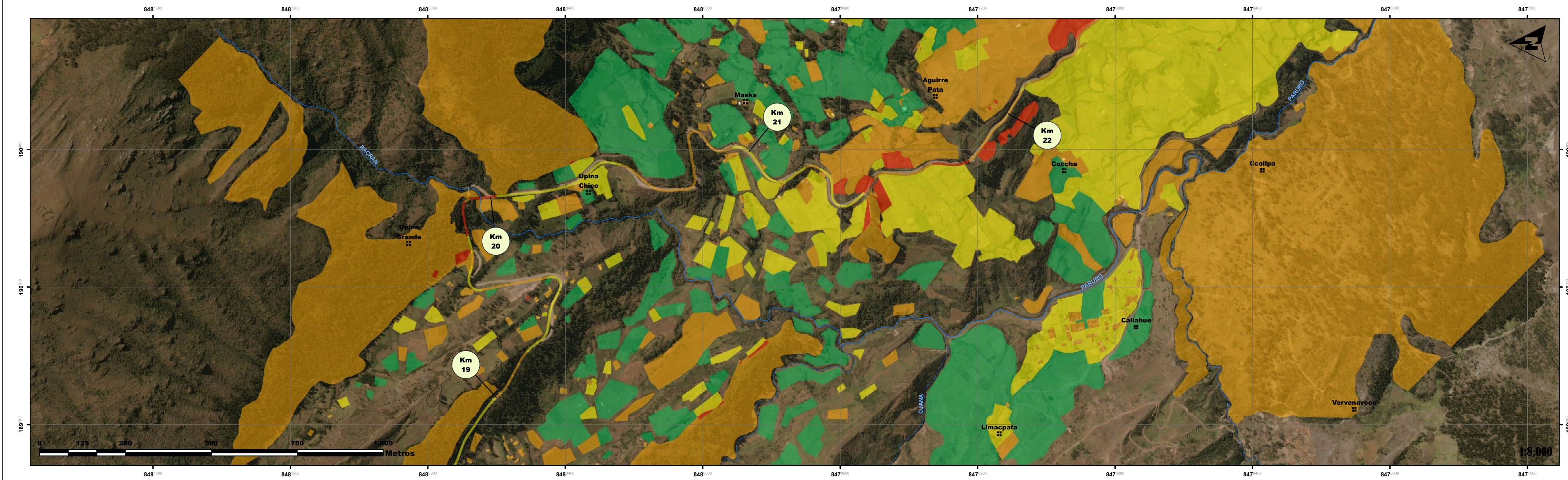


Mapa de Vulnerabilidad Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)

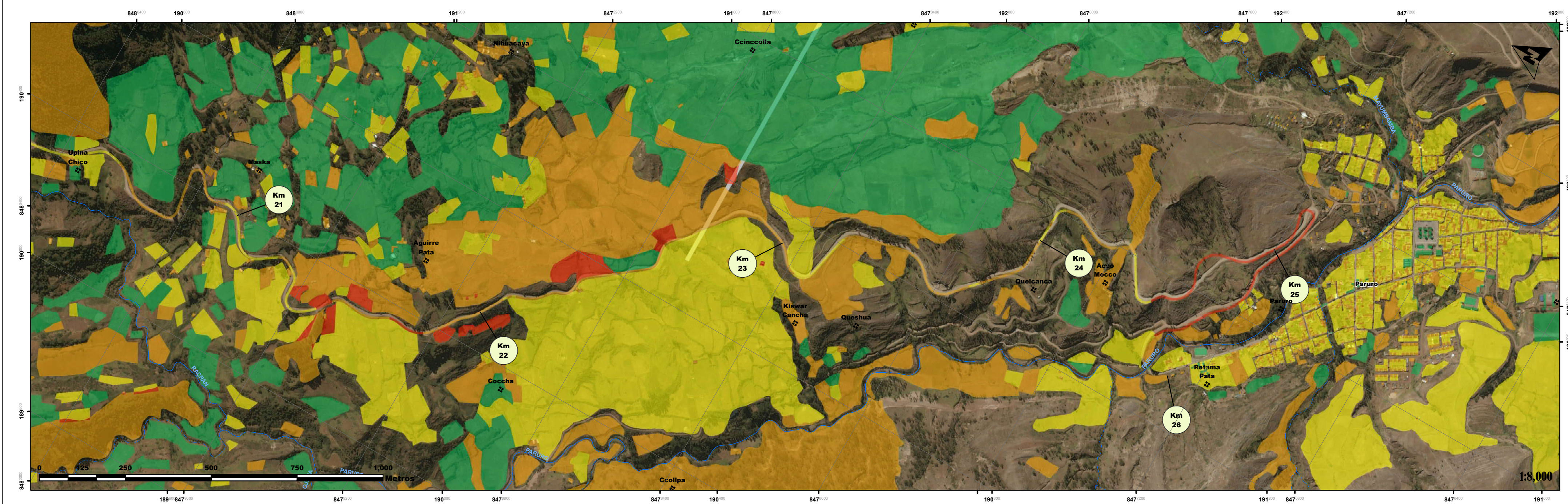




Mapa Vulnerabilidad Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)



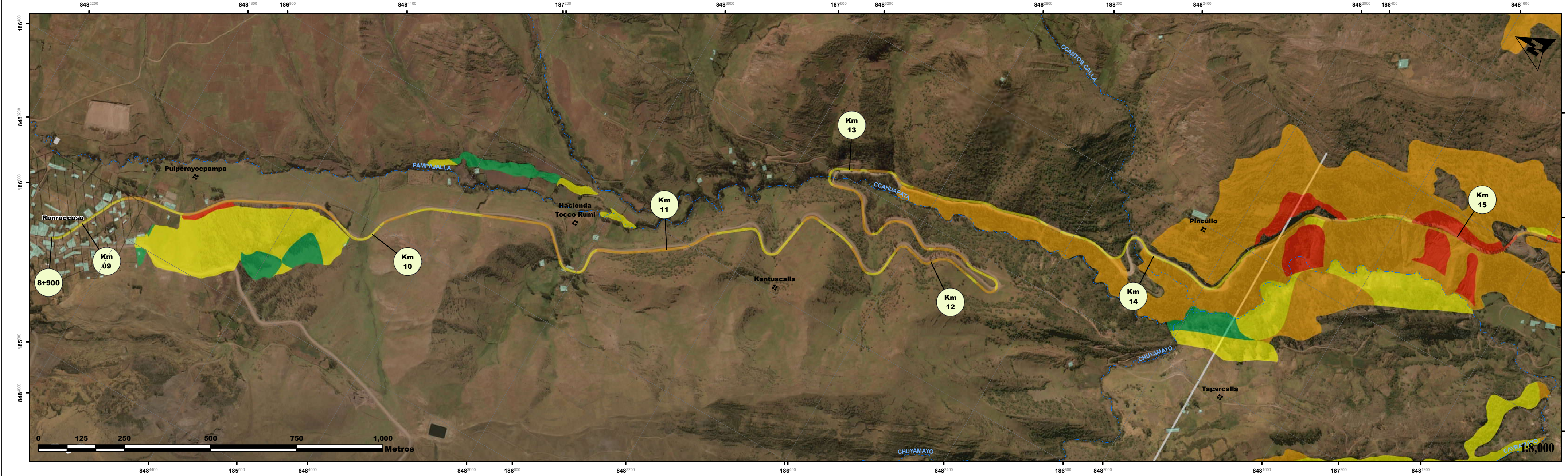
Mapa de Vulnerabilidad Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)



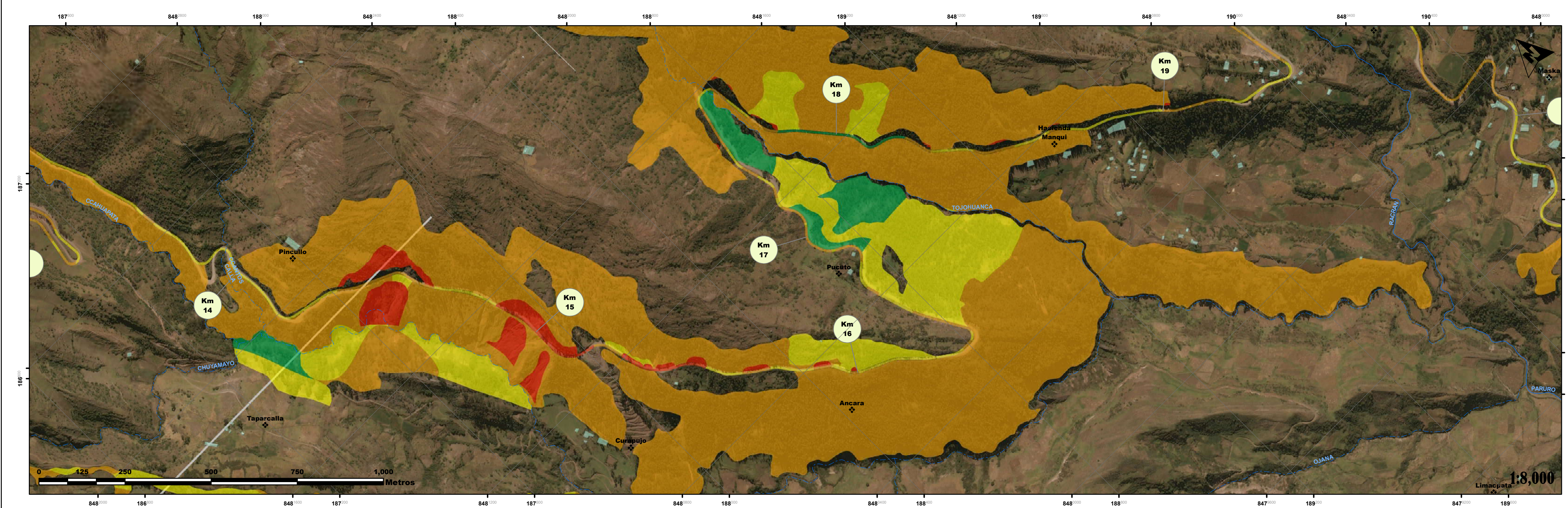
Fuente: Propia (2019)



Mapa de Riesgos por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 - 15+300)

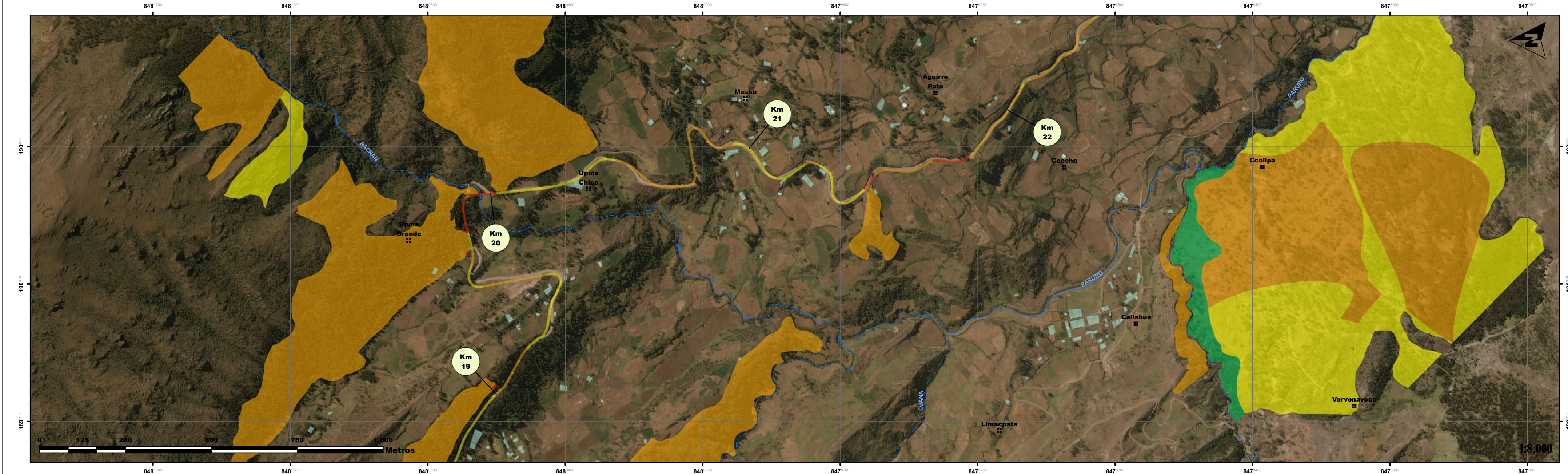


Mapa de Riesgos por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 13+700 - 19+300)





Mapa de Riesgos por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 18+900 - 22+100)



Mapa de Riesgos por Movimientos de Masas Local de la Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Tramo Ranraccasa - Paruro (Km 20+500 - 25+900)

